



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 164 T2** 2009.05.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 341 066 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 19/4093** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 164.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 251 170.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.02.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.05.2009**

(30) Unionspriorität:

2002052662 28.02.2002 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, GB, IT, LI

(73) Patentinhaber:

Star Micronics Co., Ltd., Shizuoka, JP

(72) Erfinder:

Sugiyama, Tetsuya, Shizuoka-shi, Shizuoka, JP;

Kajiyama, Takehisa, Shizuoka-shi, Shizuoka, JP;

Takeshita, Akihito, Shizuoka-shi, Shizuoka, JP;

Yazaki, Noriyuki, Shizuoka-shi, Shizuoka, JP

(74) Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &

Schwahnhäuser, 80802 München

(54) Bezeichnung: **Eine numerische gesteuerte Werkzeugmaschine und Verfahren zur Programmwandlung dafür**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine und ein Verfahren zur Programmumformung dafür, insbesondere auf solche, in denen ein NC-Programm in einen optimalen Zustand transformiert wird, so dass der beabsichtigte Arbeitsgang gleichmäßig mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden kann.

2. Beschreibung der verwandten Technik

[0002] Ein NC-Programm (Programm zur numerischen Steuerung) für die Bearbeitung eines Werkstücks oder eines Werkzeugs wird im Voraus vorbereitet und danach in die Werkzeugmaschine geladen, um ein Produkt herzustellen.

[0003] Da die Programmierung manuell durchgeführt wird, hängt das Programm zu Beginn komplett von den Fähigkeiten und der Erfahrung des Bedieners ab.

[0004] Wie in JP-A-7-168612 gezeigt wird, ist seit kurzem über ein CAD-System oder ein eigenständiges System zur Programmierunterstützung eine automatische Programmierung verfügbar. Der Bediener gibt CAD-Zeichnungen und Voraussetzungen zur maschinellen Bearbeitung wie etwa die Art des Materials und den Vorschub in das System ein. Eine NC-Programmierung steht dann ungeachtet der Fähigkeit und der Erfahrung des Bedieners zur Verfügung.

[0005] Das konventionelle Programmierverfahren oder die konventionelle NC-Werkzeugmaschine erfüllt jedoch nicht die steigende Nachfrage des Marktes nach einer "Produktion großer Stückzahlen bei geringen Kosten".

[0006] Das Programm erreicht eine bestimmte Stufe, es ist jedoch standardisiert und undifferenziert. Es ist nicht so optimiert, wie es der erfahrene Programmierer macht, so dass es nicht vollständig auf die Wechselbedingungen reagiert. Es wird wahrscheinlich ein Problem einschließlich der Ausweitung der Maschinenzeit, des Anstiegs der Produktkosten, des Rückgangs der Fertigungsgenauigkeit und der Verkürzung der Lebensdauer der Maschine verursachen.

[0007] Klaus Deichmann, Josef Lanfermann und Heinrich Lenze: "Grafisches NC-Testsystem zur umfassenden Simulation", Werkstatt und Betrieb, Nr. 129, Februar 1996 (1996-02), Seiten 26–29, beschreiben die Simulation eines NC-Programms für Maschinen mit verschiedenen Schlitten. Die Berechnung der Zeiten ist sehr genau ausgeführt. Infolgedessen werden die Anlauf- und die Verzögerungsstrecken einer Spindel und die Schaltzeiten der T- und M-Befehle zusätzlich zu den Ausführungszeiten der Fahrbewegungen in die Betrachtung einbezogen. Die Wartezeiten der Schlitten an Synchronisationspunkten werden berechnet. Die Fertigungszeit und die nicht-produktive Zeit wie auch die Gesamtzeit für jedes eingesetzte Werkzeug werden grafisch in einem Balkendiagramm dargestellt. Der NC-Programmierer bekommt folglich einen Überblick über die Zeitcharakteristiken der mechanischen Bearbeitung und verwendet diese Informationen zur Durchführung der Optimierung. Es wird jedoch keine Informationen darüber ausgegeben, wie diese Optimierung tatsächlich erfolgt.

[0008] Es ist ein Ziel der vorliegenden Entwicklung, eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine und ein Verfahren zur Programmumformung dafür vorzulegen, in dem ein NC-Programm sogar durch einen nicht erfahrenen Programmierer in ein optimales Programm transformiert wird.

[0009] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine:

ein NC-Programm, das in die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine geladen werden soll, wobei das NC-Programm eine Vielzahl von Kanälen aufweist,
ein Speichermittel zum Speichern des NC-Programms einschließlich eines bestimmten Programmabschnitts, in dem bestimmt wird, ob die Befehlsposition zur Werkzeuganwahl veränderbar ist,
ein Zeiterfassungsmodul zum Simulieren des NC-Programms und zum Messen der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten für jeden Kanal, ein Bestimmungsmittel zur Bestimmung, ob eine

Betriebszeit der Werkzeugmaschine entsprechend diesem Abschnitt des NC-Programms durch das Ändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl in einem Kanal auf Basis der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten, die durch das Zeiterfassungsmodul gemessen werden, verkürzt wird, ein Wechsellmittel für die Befehlspositionen zum Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl des im NC-Programm bestimmten Abschnitts, wenn das Bestimmungsmittel feststellt, dass die Betriebszeit durch das Ändern der Befehlspositionen zur Werkzeuganwahl verkürzt wird, wobei das Bestimmungsmittel und das Wechsellmittel für die Befehlspositionen, die gemäß einem Transformationsprogramm arbeiten, in dem Speichermittel abgelegt sind.

[0010] Eine numerische Steuereinheit zum Betreiben der Werkzeugmaschine entsprechend dem NC-Programm, das durch das Wechsellmittel für die Befehlspositionen geändert ist.

[0011] Nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zum Optimieren eines NC-Programms zum Betreiben einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine:

Veranlassen, dass das NC-Programm in die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine geladen wird, wobei das NC-Programm eine Vielzahl von Kanälen aufweist,

Kennzeichnen eines Abschnitts im NC-Programm, in dem bestimmt wird, ob eine Befehlsposition zur Werkzeuganwahl veränderbar ist,

Speichern des NC-Programms in einem vorbestimmten Speicher in der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine,

Simulieren des NC-Programms und Messen der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten für jeden Kanal,

Bestimmen mittels eines Transformationsprogramms, ob eine Gesamtbetriebszeit entsprechend dem Abschnitt des NC-Programms durch das Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl in einem Kanal auf Basis der gemessenen Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten verkürzt wird, und

Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl mittels eines Transformationsprogramms, wenn festgestellt wird, dass die Betriebszeit durch das Ändern der Befehlspositionen zur Werkzeuganwahl verkürzt wird, und Erstellen einer Betriebsprogramm-Datei für die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) stellt ein Blockdiagramm dar, das die Struktur der Werkzeugmaschine der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0013] [Fig. 2](#) stellt ein Diagramm dar, das die Kanalstruktur zeigt.

[0014] [Fig. 3](#) zeigt eine Tabelle von Daten einer elektronischen Steuerkurve, die im RAM der Steuereinheit gespeichert ist.

[0015] [Fig. 4](#) zeigt ein Flussdiagramm der Hauptroutine des Steuerprogramms der vorliegenden Erfindung.

[0016] [Fig. 5A](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation eines Programms zur simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0017] [Fig. 5B](#) zeigt ein Beispiel eines Bearbeitungsgangs an einem Werkstück.

[0018] [Fig. 5C](#) ist eine erweiterte Ansicht von [Fig. 5B](#).

[0019] [Fig. 6](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 5A](#) dar, die ein Verfahren zur Suche nach einem Abschnitt eines Programms zur simultanen Bearbeitung, der umgewandelt werden soll, zeigt.

[0020] [Fig. 7](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 5A](#) dar, die die Transformation eines Programms zur simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0021] [Fig. 8](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation eines Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0022] [Fig. 9](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 8](#) dar, die ein Verfahren zur Suche nach einem Abschnitt eines Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung, der umgewandelt werden soll, zeigt.

[0023] [Fig. 10](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 8](#) dar, die ein Verfahren zur Transformation des Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung zeigt.

[0024] [Fig. 11A](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die ein Verfahren zur Optimierung einer Befehlsposition zur Werkzeuganwahl zeigt.

[0025] [Fig. 11B](#) ist ein Beispiel für die Optimierung.

[0026] [Fig. 11C](#) zeigt das Ergebnis der Optimierung aus [Fig. 11B](#).

[0027] [Fig. 12](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 11A](#) dar, die ein Verfahren zum Abrufen der Zeilen A, B und C und der Zeile mit dem Befehl zur Werkzeuganwahl T für die Kanäle 1 und 3 zeigt.

[0028] [Fig. 13](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 11A](#) dar, die ein Verfahren zur Optimierung einer Befehlsposition zur Werkzeuganwahl zeigt.

[0029] [Fig. 14](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation des Programms zur Werkzeuganwahl in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0030] [Fig. 15](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 14](#) dar, die ein Verfahren zum Abrufen der Zeilen A, B und C und der Zeile mit dem Befehl zur Werkzeuganwahl T zeigt.

[0031] [Fig. 16](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 14](#) dar, die die Transformation des Programms zur Werkzeuganwahl in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0032] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen im Detail beschrieben.

[0033] [Fig. 1](#) stellt ein Blockdiagramm dar, das die Struktur einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine 1 nach der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Werkzeugmaschine 1 umfasst einen Spindelrotationsmotor 11, einen Motor zum Verfahren des Werkzeugs 21, einen Motor zum Verfahren des Werkstücks 31, einen Motor zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit 41, einen Motor zum Drehen der Teil-Spindel-Einheit 61 und eine Steuereinheit 51 zum Antreiben der Motoren 11, 21, 31, 41 und 61.

[0034] Der Spindelrotationsmotor 11 ist über eine Antriebsschaltung 12 und eine Steuerschaltung für die Spindelrotation 13 mit der Steuereinheit 51 verbunden, um eine Spindel (nicht abgebildet) zu drehen, mit der das Werkstück gehalten wird. Der Spindelrotationsmotor 11 ist mit einem Impulscodierer 14 zur Erfassung einer Rotation des Spindelrotationsmotors 11 ausgestattet. Der Ausgang des Impulscodierers 14 ist mit der Steuereinheit 51 und einer Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals 15 verbunden. Der Impulscodierer 14 erzeugt takt synchron mit der Drehung des Spindelrotationsmotors 11 (der Spindel) ein Signal zur Erfassung der Drehung, um es an die Steuereinheit 51 und die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals 15 zu senden. Die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals 15 wandelt das Signal zur Erfassung der Drehung in ein Signal für die Spindelrotationsgeschwindigkeit um, das die Rotationsgeschwindigkeit des Spindelrotationsmotors 11 (der Spindel) darstellt. Der Ausgang der Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals 15 ist mit der Steuerschaltung der Spindelrotation 13 verbunden, in die das umgewandelte Signal eingeht.

[0035] Die Steuerschaltung der Spindelrotation 13 steuert das Werkstück (die Spindel), damit es sich auf der Basis eines Taktsignals, das von einer Schaltung zur Erzeugung eines Taktsignals 54, das später beschrieben wird, mit einer gewünschten Rotationsgeschwindigkeit dreht. Insbesondere vergleicht die Steuerschaltung der Spindelrotation 13 ein Befehlssignal für die Spindelrotationsgeschwindigkeit von der Steuereinheit 51 mit dem Signal für die Spindelrotationsgeschwindigkeit aus der Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals 15 und erzeugt entsprechend dem Unterschied auf der Basis des Taktsignals dabei ein Steuersignal. Das erzeugte Steuersignal wird an die Antriebsschaltung 12 ausgegeben.

[0036] Die Antriebsschaltung 12 steuert als Antwort auf das Steuersignal aus der Steuerschaltung der Spindelrotation 13 die Energieversorgung des Spindelrotationsmotors 11, damit dessen Rotationsgeschwindigkeit den Wert einer Anweisung für die Spindelrotationsgeschwindigkeit annimmt (wird später beschrieben). Die An-

triebsschaltung **12**, die Steuerschaltung der Spindelrotation **13** und die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **15** bilden ein System der selbsttätigen Regelung für den Spindelrotationsmotor **11** (die Spindel) unter Berücksichtigung von dessen Rotationsgeschwindigkeit.

[0037] Der Motor zum Verfahren des Werkzeugs **21** bewegt ein Bearbeitungswerkzeug (Schneidwerkzeug, etc.) zum Beispiel in eine Richtung (X-Achsen-Richtung, Y-Achsen-Richtung) senkrecht zur zentralen Rotationsachse des Spindelrotationsmotors **11** oder in eine Richtung (Z-Achsen-Richtung) parallel zur Spindel. Der Motor zum Verfahren des Werkzeugs **21** ist über eine Antriebsschaltung **22** und eine Schaltung zur Werkzeugbeschickung **23** mit der Steuereinheit **51** verbunden. Der Motor zum Verfahren des Werkzeugs **21** ist mit einem Impulscodierer **24** zur Erfassung einer Rotation des Motors zum Verfahren des Werkzeugs **21** ausgestattet. Der Ausgang des Impulscodierers **24** ist mit der Schaltung zur Werkzeugbeschickung **23** verbunden. Der Impulscodierer **24** erzeugt für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel des Motors zum Verfahren des Werkzeugs **21** ein Signal der Rotationsposition, um es an die Steuerschaltung zur Werkzeugbeschickung **23** zu übertragen.

[0038] Die Steuerschaltung zur Werkzeugbeschickung **23** erkennt eine gegenwärtige Position des Werkzeugs als Reaktion auf das Signal der Rotationsposition und vergleicht die aktuelle Position des Werkzeugs mit einem Befehlssignal für die Werkzeugpositionierung von der Steuereinheit **51** (wird später beschrieben) und erzeugt dabei als Ergebnis des Vergleichs ein Signal zum Werkzeugantrieb. Das Signal zum Werkzeugantrieb wird an die Antriebsschaltung **22** ausgegeben. Die Antriebsschaltung **22** steuert als Reaktion auf das Signal zum Werkzeugantrieb die Energieversorgung des Motors zum Verfahren des Werkzeugs **21**. Die Antriebsschaltung **22** und die Steuerschaltung zur Werkzeugbeschickung **23** bilden ein Rückmeldesystem für das Werkzeug unter Berücksichtigung von dessen Bewegungsposition.

[0039] Der Motor zum Verfahren des Werkstücks **31** bewegt das Werkstück zum Beispiel in eine Richtung (Z-Achsen-Richtung) parallel zur zentralen Rotationsachse des Spindelrotationsmotors **11**. Der Motor zum Verfahren des Werkstücks **31** ist über eine Antriebsschaltung **32** und eine Steuerschaltung zur Werkstückbeschickung **33** mit der Steuereinheit **51** verbunden. Der Motor zum Verfahren des Werkstücks **31** ist mit einem Impulscodierer **34** zur Erfassung einer Rotation des Motors zum Verfahren des Werkstücks **31** ausgestattet. Der Ausgang des Impulscodierers **34** ist mit der Schaltung zur Werkstückbeschickung **33** verbunden. Der Impulscodierer **34** erzeugt für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel des Motors zum Verfahren des Werkstücks **31** ein Signal der Rotationsposition, um es an die Steuerschaltung zur Werkstückbeschickung **33** zu übertragen.

[0040] Die Steuerschaltung zur Werkstückbeschickung **33** erkennt eine gegenwärtige Position des Werkstücks als Reaktion auf das Signal der Rotationsposition und vergleicht eine gegenwärtige Position des Werkstücks mit einem Befehlssignal für die Werkstückpositionierung von der Steuereinheit **51** und erzeugt dabei als Ergebnis des Vergleichs ein Signal zum Werkstückantrieb. Das Signal zum Werkstückantrieb wird für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel des Motors zum Verfahren des Werkstücks **31** an die Antriebsschaltung **32** ausgegeben. Die Antriebsschaltung **32** steuert als Reaktion auf das Signal zum Werkstückantrieb die Energieversorgung des Motors zum Verfahren des Werkstücks **31**. Die Antriebsschaltung **32** und die Steuerschaltung zur Werkstückbeschickung **33** bilden ein Rückmeldesystem für das Werkstück unter Berücksichtigung von dessen Bewegungsposition.

[0041] Der Motor zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** bewegt eine Teil-Spindel zum Beispiel in eine Richtung (Z-Achsen-Richtung) parallel zur zentralen Rotationsachse des Spindelrotationsmotors **11** oder in eine Richtung (X-Achsen-Richtung) senkrecht zu dieser. Der Motor zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** ist über eine Antriebsschaltung **42** und eine Steuerschaltung zur Beschickung der Teil-Spindel-Einheit **43** mit der Steuereinheit **51** verbunden. Der Motor zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** ist mit einem Impulscodierer **44** zur Erfassung einer Rotation des Motors zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** ausgestattet. Der Ausgang des Impulscodierers **44** ist mit der Steuerschaltung zur Beschickung der Teil-Spindel-Einheit **43** verbunden. Der Impulscodierer **44** erzeugt für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel des Motors zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** ein Signal der Rotationsposition, um es an die Steuerschaltung zur Beschickung der Teil-Spindel-Einheit **43** zu übertragen.

[0042] Die Steuerschaltung zur Beschickung der Teil-Spindel-Einheit **43** erkennt eine gegenwärtige Position der Teil-Spindel-Einheit als Reaktion auf das Signal der Rotationsposition und vergleicht die eine gegenwärtige Position der Teil-Spindel-Einheit mit einem Befehlssignal für die Positionierung der Teil-Spindel-Einheit von der Steuereinheit **51** (wird später beschrieben) und erzeugt dabei als Ergebnis des Vergleichs ein Signal zum Antrieb der Teil-Spindel-Einheit. Das Signal zum Antrieb der Teil-Spindel-Einheit wird an die Antriebsschaltung **42**

ausgegeben. Die Antriebsschaltung **42** steuert als Reaktion auf das Signal zum Antrieb der Teil-Spindel-Einheit die Energieversorgung des Motors zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41**. Die Antriebsschaltung **42** und die Steuerschaltung zur Beschickung der Teil-Spindel-Einheit **43** bilden ein Rückmeldesystem für die Teil-Spindel-Einheit unter Berücksichtigung von deren Bewegungsposition.

[0043] Der Motor zum Drehen der Teil-Spindel **61** dreht eine Teil-Spindel zum Festhalten des Werkstücks. Der Motor zum Drehen der Teil-Spindel **61** ist über eine Antriebsschaltung **62** und eine Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** mit der Steuereinheit **51** verbunden. Der Motor zum Drehen der Teil-Spindel **61** ist mit einem Impulscodierer **64** zur Erfassung einer Rotation des Motors zum Drehen der Teil-Spindel **61** ausgestattet. Der Ausgang des Impulscodierers **64** ist mit der Steuereinheit **51** und einer Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** verbunden. Der Impulscodierer **64** erzeugt für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel des Motors zum Drehen der Teil-Spindel **61** ein Signal der Rotationserfassung, um es an die Steuereinheit **51** und die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** zu übertragen. Die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** wandelt das Signal der Rotationserfassung in ein Signal der Rotationsgeschwindigkeit der Teil-Spindel um, das die Rotationsgeschwindigkeit des Motors zum Drehen der Teil-Spindel **61** (der Teil-Spindel) darstellt. Der Ausgang der Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** ist mit der Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** verbunden. Das umgewandelte Signal wird in die Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** eingegeben.

[0044] Die Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** steuert die Teil-Spindel (das Werkstück) so, dass sie sich mit einer gewünschten Geschwindigkeit auf der Basis eines Taktsignals dreht, das von einer Schaltung zur Erzeugung eines Taktsignals generiert wird und später beschrieben wird. Insbesondere vergleicht die Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** das Befehlssignal der Rotationsgeschwindigkeit der Teil-Spindel aus der Steuereinheit **51** mit dem Signal der Rotationsgeschwindigkeit der Teil-Spindel aus der Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** und erzeugt dabei ein Steuersignal, das auf dem Taktsignal basiert. Das erzeugte Steuersignal wird an die Antriebsschaltung **62** ausgegeben.

[0045] Die Antriebsschaltung **62** steuert die Energieversorgung des Motors zum Drehen der Teil-Spindel **61**, um ihn zu veranlassen, sich mit dem Befehlswert für die Rotationsgeschwindigkeit der Teil-Spindel (wird später beschrieben) zu drehen. Die Antriebsschaltung **62**, die Steuerschaltung zum Drehen der Teil-Spindel **63** und die Schaltung zur Erzeugung eines Geschwindigkeitssignals **65** bilden ein Rückmeldesystem für die Teil-Spindel unter Berücksichtigung von deren Rotationsgeschwindigkeit.

[0046] Die Steuereinheit **51** umfasst, wie in [Fig. 1](#) dargestellt ist, eine Zentralprozessoreinheit (CPU) **52**, die Schaltungen zur Erzeugung von Impulssignalen **53a** und **53b**, die Schaltung zur Erzeugung des Taktsignals **54**, eine Schaltung zur Erzeugung von Zeiteilungssignalen **55**, einen Speicher mit Direktzugriff (RAM) für die NC-Vorrichtung **56**, einen Nur-Lesen-Speicher (ROM) **57** und einen Speicher mit Direktzugriff (RAM) für den PC **58**.

[0047] Die CPU **52** steuert den gesamten Signalprozess der Steuereinheit **51**. Die CPU **52** verrichtet den allseits bekannten Simultanverarbeitungsbetrieb, wobei in kurzen Intervallen zwischen einer Vielzahl von Aufträgen (Programmen) umgeschaltet wird, um ein scheinbares simultanes Abarbeiten einer Vielzahl von Programmen zu ermöglichen. Ein derartiger Simultanverarbeitungsbetrieb umfasst einen Zeitmultiplexbetrieb oder einen Prozessbetrieb, in dem die Aufträge ihrer Priorität nach ausgeführt werden.

[0048] Die Schaltungen zur Erzeugung von Impulssignalen **53a** und **53b** sind jeweils mit den Impulscodierern **14** und **64** zum Empfangen der Signale zur Erfassung der Drehung von dort über eine Schnittstelle usw. verbunden, und erzeugen dabei für jeden vorher festgelegten Rotationswinkel ein Impulssignal. Die Schaltungen zur Erzeugung von Impulssignalen **53a** und **53b** sind ebenfalls mit der CPU **52** für eine Übertragung der Impulssignale dorthin verbunden. In dieser Ausführungsform geben die Schaltungen zur Erzeugung von Impulssignalen **53a** und **53b** in regelmäßigen Intervallen synchronisiert mit dem Spindelrotationsmotor **11** und dem Motor zum Drehen der Teil-Spindel **61** jedes Mal jeweils 4.096 Impulssignale aus, wenn sie eine einzige Umdrehung machen.

[0049] Die Schaltung zur Erzeugung des Taktsignals **54** ist so eingestellt, dass sie ein Taktsignal in einem festgelegten Intervall von zum Beispiel 0,25 Millisekunde als Antwort auf ein festgelegtes Befehlssignal von der CPU **52** erzeugt. Das erzeugte Taktsignal wird an die Schaltung zur Erzeugung von Zeiteilungssignalen **55** ausgegeben. Die Schaltung zur Erzeugung von Zeiteilungssignalen **55** zählt die Anzahl der Taktsignale von der Schaltung zur Erzeugung des Taktsignals **54**, wobei es dann zum Beispiel jedes Mal nach Ablauf einer (1) Millisekunde ein Zeiteilungssignal erzeugt und es an die CPU **52** überträgt. Auf diese Weise gibt die Schaltung

zur Erzeugung von Zeiteilungssignalen **55** ein Zeiteilungssignal in einem Intervall von einer (1) Millisekunde als Signal zur Unterbrechungszeitsteuerung an die CPU **52** aus. Das Intervall des Taktsignals oder des Zeiteilungssignals ist nicht auf das oben angeführte Beispiel beschränkt. Es kann jeden geeigneten Wert entsprechend der Leistungsfähigkeit oder der Leistung der CPU **52**, der Impulscodierer **24**, **34** und **44** und der Motoren **11**, **21**, **31** und **41** annehmen.

[0050] Das RAM für die NC-Vorrichtung **56** ist so eingestellt, dass es zeitweilig und lesbar die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungen der CPU **52** speichern kann. Es speichert ein NC-Programm (Bearbeitungsprogramm) und alle für die Ausführung des NC-Programms erforderlichen Daten, das einen Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des ersten Kanals **56a**, einen Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des zweiten Kanals **56b**, einen Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des dritten Kanals **56c** und eine Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve **56d** umfasst.

[0051] Die Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve ist für die elektronische Kurvensteuerung vorgesehen. Wie in JP-A-2001-170843 gezeigt wird, werden die sich ständig ändernden Bewegungsbefehlsdaten einer beweglichen Achse aus den sich ständig ändernden Rotationspositionsdaten einer Referenzachse und den Positionierungsbefehlsdaten der beweglichen Achse erzeugt, die für jede Einheit der Rotationsposition der Referenzachse festgelegt sind. Die Geschwindigkeitsbefehlsdaten der beweglichen Achse, die synchron zu der Rotationsgeschwindigkeit des Werkstücks ist, werden aus den Bewegungsbefehlsdaten und den Rotationspositionsdaten erzeugt. Die Werkzeugposition wird auf Basis der Bewegungsbefehlsdaten und der Geschwindigkeitsbefehlsdaten gesteuert.

[0052] [Fig. 2](#) zeigt den Betrieb der Werkzeugmaschine **1** auf der Basis des NC-Programms, das im Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des ersten Kanals **56a** (Kanal 1), im Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des zweiten Kanals **56b** (Kanal 2) und im Speicherabschnitt für die Bearbeitungsfolge des dritten Kanals **56c** (Kanal 3) gespeichert ist. Das NC-Programm, das in Kanal 1 gespeichert ist, steuert den Spindelrotationsmotor **11**, den Motor zum Verfahren des Werkzeugs **21** und den Motor zum Verfahren des Werkstücks **31**. Die Spindel S1 wird dabei in Richtung der Z1-Achse und in Richtung der der C1-Rotation gesteuert. Ein Werkzeug TS1 wird in Richtung der X1-Achse oder in Richtung der Y1-Achse gesteuert. Wenn vorhanden, wird auch die Steuerung der Drehbewegung eines kreisenden Werkzeugs durchgeführt. Das NC-Programm, das in Kanal 2 gespeichert ist, steuert den Motor zum Drehen der Teil-Spindel-Einheit **61**, den Motor zum Verfahren der Teil-Spindel-Einheit **41** und ein Werkzeug TS2. Die Teil-Spindel S2 wird dabei in Richtung der Z2-Achse oder in Richtung der X2-Achse und in Richtung der der C2-Rotation gesteuert. Das Werkzeug TS2 kann ein nicht-kreisendes Werkzeug wie etwa ein Hobel oder ein kreisendes Werkzeug wie etwa ein Bohrer sein. Wenn vorhanden, wird auch die Steuerung der Drehbewegung eines kreisenden Werkzeugs durchgeführt. Das NC-Programm, das in Kanal 3 gespeichert ist, steuert den Motor zum Verfahren des Werkzeugs **21**. Ein Werkzeug TS3 wird dabei in Richtung der X3-Achse, der Y3-Achse oder der Z3-Achse gesteuert. Wenn vorhanden, wird auch die Steuerung der Drehbewegung eines kreisenden Werkzeugs durchgeführt.

[0053] Die Belegung der Kanäle ist wahlfrei. Das Werkzeug TS1 kann zum Beispiel durch den Kanal 3 gesteuert werden, oder das Werkzeug TS3 kann durch den Kanal 1 gesteuert werden. Das gleiche gilt für die Spindel S1 und die Teil-Spindel **52**.

[0054] Die Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve **56d** im RAM der NC-Vorrichtung **56** speichert, wie in [Fig. 3](#) gezeigt wird, eine Vielzahl von Tabellen der Daten einer elektronischen Steuerkurve, die jeweils die Identifikationsnummern N besitzen. Jede Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve umfasst Positionsdaten (Z) des Werkstücks und Positionsdaten (X) des Werkzeugs, die jeweils für jede festgelegte aufgelaufene Anzahl von Umdrehungen (A) des Spindelrotationsmotors **11** eingestellt werden. Jede Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve umfasst einen Ende-Code, der das Ende der Bearbeitung darstellt. Die festgelegte aufgelaufene Anzahl von Umdrehungen (A) kann jedem festgelegten Rotationswinkel entsprechen, obwohl dadurch die Speicheranforderungen ansteigen.

[0055] Das ROM **57** speichert verschiedene Prozessprogramme einschließlich eines Berechnungsprogramms zur Bestimmung der Bewegungsposition des Werkstücks oder des Werkzeugs für jedes festgelegte Zeitintervall, zum Beispiel für jede einzelne (1) Millisekunde in einem Bearbeitungsgang zum Schneiden eines Schraubengewindes. Weiterhin speichert es ein Berechnungsprogramm zur Bestimmung der Verfahrensposition des Werkstücks, des Werkzeugs oder des Bohrwerkzeugs für jeden festgelegten Rotationswinkel des Spindelrotationsmotors **11**.

[0056] Die CPU **52** zählt die Anzahl der Impulssignale, die von der Schaltung zur Erzeugung von Impulssig-

nen **53** entsprechend dem Programm, das im ROM **57** gespeichert ist, erzeugt werden, und berechnet aus den Zählergebnissen die aufgelaufene Anzahl der Umdrehungen des Spindelrotationsmotors **11**.

[0057] Das RAM für den PC **58** speichert zeitweilig die Berechnungsergebnisse der CPU **52**. Das RAM für den PC **58** umfasst einen Speicherabschnitt für das Transformationsprogramm **58a** und alle Referenzdaten, die für das Umsetzen der Transformation erforderlich sind. Teile der Referenzdaten sind in einer Tabelle zur Speicherung der Daten einer elektronischen Steuerkurve **58b**, einem Speicherabschnitt für maschinenspezifische Daten **58c** und einem Speicherabschnitt für das NC-Programm **58d** gespeichert. Ein NC-Programm wird im Voraus aufbereitet, indem zum Beispiel Programmierdienstprogramme verwendet werden, und danach wird es in die Maschine oder in deren NC-Vorrichtung geladen.

[0058] Der Speicherabschnitt für das Transformationsprogramm **58a** speichert ein Transformationsprogramm der vorliegenden Erfindung. Die Tabelle zur Speicherung der Daten einer elektronischen Steuerkurve **58b** speichert die Daten einer elektronischen Steuerkurve des NC-Programms nach der Ausführung des Transformationsprogramms. Der Speicherabschnitt für maschinenspezifische Daten **58c** speichert verschiedene Referenzdaten wie etwa den Versatz von Werkzeugen, die Befehlsbetriebszeit und die Betriebsbedingungen. Der Speicherabschnitt für das NC-Programm **58d** speichert ein NC-Programm, das in ein Programm optimierter Daten umgewandelt werden soll.

[0059] Die Arbeitsweise der Werkzeugmaschine oder deren NC-Vorrichtung wird nachstehend mit Bezug auf die [Fig. 4](#), die die Hauptroutine zeigt, beschrieben.

[0060] In Schritt A wird ein Zeiterfassungsmodul ausgeführt. Das NC-Programm, das in der NC-Vorrichtung gespeichert ist, wird simuliert. Die Wartezeit und die Zeit für die Werkzeuganwahl werden gemessen, und die gesamte Laufzeit wird für jeden Kanal (Kanal 1, 2, 3) berechnet. Die Berechnung wird mit Bezug auf eine Datentabelle der NC-Vorrichtung durchgeführt, in der verschiedene Daten wie die Motorbeschleunigung, der Werkzeugversatz und der Werkstückversatz gespeichert sind.

[0061] Insbesondere liest das Zeiterfassungsmodul aus dem NC-Programm einen Koordinatenwert und den Vorschub des Werkzeugs und die Rotationsgeschwindigkeit und die Bewegung der Spindel aus. Der gefundene Koordinatenwert schließt den Werkzeugversatz oder den Werkstückversatz nicht ein. Dann werden die Bewegungsstrecke und die Bewegungsgeschwindigkeit bei jedem Koordinatenwert berechnet, indem auf die Versatzdaten in der Datentabelle der NC-Vorrichtung Bezug genommen wird. Somit wird ein sich bewegendes geometrischer Ort des Werkzeugs hergeleitet, und die Betriebszeit wird berechnet, indem auf die Daten der Motorbeschleunigung eines jeden Motors in der Datentabelle Bezug genommen wird.

[0062] In Schritt A1 werden die in Schritt A berechneten Zeitdaten eingelesen.

[0063] In Schritt B wird das NC-Programm in den Speicherabschnitt für das NC-Programm **58d** eingelesen. Die Originaldatei wird hier aufbewahrt, um zu ermöglichen, dass jede beliebige Modifikation in den nachfolgenden Schritten eingesetzt werden kann.

[0064] In Schritt C wird das NC-Programm nach einer simultanen Bearbeitungsfolge, die in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll, durchsucht und die Folge, wenn eine vorhanden ist, wird in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt.

[0065] In Schritt D wird eine bestimmte nicht-simultane Bearbeitungsfolge in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt. Der Bediener kann ein Kennzeichen an einen Abschnitt setzen, in dem für einen bestimmten Zweck die Daten einer elektronischen Steuerkurve besser als das Originalprogramm geeignet sind. Eine derartige Bearbeitungsfolge umfasst das Gewindeschneiden und das Gewindebohren.

[0066] In Schritt E wird eine Befehlsposition zur Werkzeuganwahl optimiert. insbesondere wird die Position verschoben, wenn die Verschiebung Betriebszeit einsparen kann.

[0067] In Schritt F wird der Vorgang der Werkzeuganwahl optimiert. insbesondere wird das Werkzeug eines Kanals so gesteuert, dass es durch die Verwendung von Daten einer elektronischen Steuerkurve langsam ausgewählt (bewegt) werden soll, wenn es die Zeit im Hinblick auf die Werkzeuge der anderen Kanäle erlaubt. Es reduziert die Last auf eine Kugelgewindespindel und ein Lager des Werkzeugständers, wodurch nachteilige Einflüsse auf die Maschinenlebensdauer und die Bearbeitungsgenauigkeit verhindert werden.

[0068] In Schritt G wird eine Bedienerprogrammdatei erstellt. Die Daten, die im Speicherabschnitt für das NC-Programm **58d** und in der Tabelle zur Speicherung der Daten einer elektronischen Steuerkurve **58b** gespeichert sind, werden jeweils in die Speicherabschnitte für die Bearbeitungsfolge des ersten, zweiten und dritten Kanals **56a**, **56b**, **56c** geladen, und derartige Daten werden auch an die Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve geschickt. Der Vorgang in Schritt G wird über eine Umwandlungs-Taste **59** ausgelöst, die auf einem Bedienersteuerpult der Steuereinheit **51** vorgesehen ist.

[0069] Die Schritte C bis G werden im Detail beschrieben, um die vorliegende Erfindung vollständig zu beschreiben.

1.1 Erläuterung von Schritt C in [Fig. 4](#)

[0070] [Fig. 5A](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation eines Programms zur simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0071] Kurz gefasst wird ein NC-Programm darauf untersucht, eine simultane Bearbeitungsfolge zu finden, die in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden sollte, und es wird, wenn eine gefunden wurde, die Transformation durchgeführt. Die Daten einer elektronischen Steuerkurve könnten möglicherweise ein Problem beseitigen, das im originalen NC-Programm gesehen wurde, wie etwa ein Fräserkratzer aufgrund einer fehlenden Synchronisation der Kanäle.

[0072] In Schritt 1 wird eine Zeilennummer B auf "0" zurückgesetzt, und ein Kanal CH wird auf "1" zurückgesetzt.

[0073] In Schritt 2 wird das NC-Programm, insbesondere die simultane Bearbeitungsfolge, auf einen Abschnitt durchsucht, in dem Daten einer elektronischen Steuerkurve für einen bestimmten Zweck besser geeignet sind als das originale NC-Programm.

[0074] In Schritt 3 wird ermittelt, ob ein solcher zu transformierender Abschnitt vorliegt. Wird ein solcher Abschnitt gefunden, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0075] In Schritt 4 werden die Zeilennummer für den Transformationsstart A und die Zeilennummer für das Transformationsende B abgerufen.

[0076] In Schritt 5 wird aus dem NC-Programm zwischen den Zeilen A und B der sich bewegende geometrische Ort der Steuerachse in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt. Wenn die Umwandlung abgeschlossen ist, wird der gleiche Prozess für das NC-Programm nach der Zeile B wiederholt.

[0077] Wenn auf der anderen Seite in Schritt 3 kein Abschnitt gefunden wird, der umgewandelt werden kann, kehrt der Prozess zur Hauptroutine (Schritt D) in [Fig. 4](#) zurück.

[0078] Die Schritte 2 und 5 werden später mit weiteren Details beschrieben.

[0079] Die oben beschriebene Umwandlung würde die Betriebszeit verkürzen und verbessert die Produktqualität in einem solchen Betrieb, wie er in [Fig. 56](#) dargestellt ist. Insbesondere gibt es keine Fräserkratzer im Produkt. Bei der Fertigung einer gestuften Rundstange **71** mit einer Nut **75** kann eine simultane Bearbeitung erfolgen, indem eine Vielzahl von Werkzeugen in Reihe nacheinander verwendet werden. Wenn zum Beispiel ein Werkzeug **74** gerade einen abgestuften Abschnitt **72** erreicht, wird ein Werkzeug **73** gestartet, um die Nut zu bearbeiten.

[0080] Das NC-Programm fügt normalerweise jedoch ein "Warten" für einen solchen Vorgang ein. Das Werkzeug **74** „wartet“ am abgestuften Abschnitt **72** einen Moment lang, so dass, wie es in [Fig. 5C](#) gezeigt wird, ein Einschnitt entlang des abgestuften Abschnitts **72** gebildet wird. Wenn der Einschnitt die Toleranz überschreitet, ist das Produkt nicht akzeptabel. Das Wechseln der Schneidposition ist eine andere Methode. Das Werkzeug **74'** (Doppelpunkt-Strich-Linie) schneidet jedoch möglicherweise zu viel unter dem Einfluss des Werkzeugs **73** und erzeugt dann einen Streifen. Wenn er die Toleranz überschreitet, ist das Produkt ebenfalls nicht akzeptabel.

[0081] Anstatt des NC-Programms können Daten einer elektronischen Steuerkurve verwendet werden, um dieses Problem zu lösen. Das Werkzeug **73** wird für die Bearbeitung der Nut **75** gestartet, während das Werk-

zeug **74** (durchgezogene Linie) von einer Position, die etwas weiter entfernt von dem Teil mit dem kleineren Durchmesser des abgestuften Abschnitts **72** ist, hin zu dessen Teil mit dem größeren Durchmesser bewegt wird. In anderen Worten schneidet das Werkzeug **73** die Nut **75** während der Einzugsbewegung des Werkzeugs **74**. Dann wird auch kein Streifen auf dem Produkt hinterlassen. Dieser Vorgang beseitigt auch das Risiko des Einflusses des Werkzeugs **73** auf die Schnitttiefe des Werkzeugs **74**.

1.2 Erläuterung des Schritts 2 in [Fig. 5A](#)

[0082] [Fig. 6](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 5A](#) dar, die ein Verfahren zur Suche nach einem Abschnitt eines Programms zur simultanen Bearbeitung, der umgewandelt werden soll, zeigt.

[0083] In Schritt 1 werden die aktuelle Zeile B und der aktuelle Kanal CH abgerufen, um den Abschnitt festzustellen, der durchsucht werden soll.

[0084] In Schritt 2 wird eine Zeitbefehlzeile T, die als erstes nach der Zeile B + 1 im aktuellen Kanal CH kommt, abgerufen. (Die Zeitbefehlzeile T enthält einen Zeitcode wie etwa "timing = 1". Die Vorgänge, die den gleichen Zeitbefehl enthalten, werden simultan ausgeführt.)

[0085] In Schritt 3 wird ermittelt, ob die Zeitbefehlzeile T erfolgreich abgerufen wurde. Wenn die Zeile T abgerufen wurde, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0086] In Schritt 4 werden die entsprechenden Wartezeilen A und B vor und nach der Zeitbefehlzeile T im aktuellen Kanal abgerufen.

[0087] In Schritt 5 wird ermittelt, ob der Block zwischen den Wartezeilen A und B Teil eines simultanen Vorgangs ist. Der Schritt 5 verhindert eine unnötige Umwandlung aufgrund fehlerhafter Programmierung. Wenn der Block nicht ein Teil des simultanen Vorgangs ist, kehrt der Prozess zu Schritt 2 zurück. Wenn der Block ein Teil des simultanen Vorgangs ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 6.

[0088] In Schritt 6 wird ermittelt, ob der Block zwischen den Wartezeilen A und B einen Befehl enthält, der nicht in Daten einer elektronischen Steuerkurve transformierbar ist. Es gibt nicht transformierbare Befehle wie etwa den Befehl zur Änderung der Rotationsgeschwindigkeit der Spindel und nicht transformierbare M-Codes wie etwa den Befehl zum Sprühen von Schmieröl. Wenn das Ergebnis von Schritt 6 "NEIN" ist, das heißt, dass alle Daten transformierbar sind, geht der Prozess weiter zu Schritt 7.

[0089] In Schritt 7 wird ermittelt, ob sich der aktuelle Kanal CH im Bearbeitungsvorgang befindet. Wenn dem so ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 8.

[0090] In Schritt 8 werden die Wartezeilen A und B vor und nach der Zeitbefehlzeile T in den nicht-aktuellen Kanälen abgerufen.

[0091] In Schritt 9 wird ermittelt, ob derselbe Zeitcode im Block zwischen den Wartezeilen A und B der nicht-aktuellen Kanäle nicht enthalten ist. Wenn dort eine oder mehrere Zeilen vorliegen, die denselben Zeitcode aufweisen, wird der Block des nicht-aktuellen Kanals der Bearbeitung aus Schritt 6 unterzogen. Der Prozess geht zu Schritt 7 und dann zu Schritt 10.

[0092] In Schritt 10 wird ein Vorhanden-Kennzeichen auf AN gesetzt, was bedeutet, dass ein Abschnitt vorliegt, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll. Die Zeilen A und B werden gespeichert.

[0093] In Schritt 11 wird ermittelt, ob die gespeicherten Zeilen A und B die Schlussgruppe der Zeilen darstellen. Wenn sie die letzten sind, geht der Prozess zu Schritt 12.

[0094] In Schritt 12 werden das Vorhanden-Kennzeichen auf AN, der aktuelle Kanal CH und alle Zeilen A und B, die in Schritt 10 gespeichert wurden, abgespeichert. Die gespeicherten Daten werden zuletzt an den Transformationsprozess für simultane Bearbeitungsvorgänge weitergeleitet.

[0095] Wenn auf der anderen Seite das Ergebnis von Schritt 6 "JA" ist, das heißt, es gibt zwischen den Zeilen A und B einen nicht transformierbaren Befehl, geht der Prozess zu Schritt 13.

[0096] In Schritt 13 wird ermittelt, ob sich der aktuelle Kanal CH im Bearbeitungsvorgang befindet. Wenn sich der aktuelle Kanal CH im Bearbeitungsvorgang befindet, wird der Block einschließlich der Zeitbefehlzeile T zwischen den Zeilen A und B nicht der Transformation unterzogen. Der Prozess kehrt zu Schritt 2 zurück, um einen anderen transformierbaren Block zu suchen.

[0097] Wenn sich der aktuelle Kanal CH nicht im Bearbeitungsvorgang befindet, das heißt, es wurde eine Vielzahl von Zeilen A und B gefunden, geht der Prozess weiter zu Schritt 14.

[0098] In Schritt 14 wird ermittelt, ob der betroffene Block von Zeilen A und B der letzte Block ist. Dieser Schritt stellt sicher, dass alle gesuchten Blöcke A und B den Schritten 6, 7, 10 und 11 unterzogen wurden. Wenn es nicht der letzte Block ist, kehrt der Prozess zu Schritt 6 zurück. Wenn es der letzte Block ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 15.

[0099] In Schritt 15 wird ermittelt, ob das Vorhanden-Kennzeichen auf AN gesetzt ist. Wenn es nicht auf AN ist, kehrt der Prozess zu Schritt 2 zurück. Wenn es auf AN ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 16.

[0100] In Schritt 16 werden das Vorhanden-Kennzeichen auf AN, der aktuelle Kanal CH und alle Zeilen A und B, die in Schritt 10 gespeichert wurden, abgespeichert. Die gespeicherten Daten werden zuletzt an den nächsten Prozess weitergeleitet.

[0101] Wenn auf der anderen Seite das Ergebnis von Schritt 3 „NEIN“ ist, das heißt, die Zeitbefehlzeile T wurde nicht erfolgreich abgerufen, geht der Prozess zu Schritt 17.

[0102] In Schritt 17 wird ermittelt, ob es noch einen weiteren Kanal gibt. Wenn es noch einen weiteren Kanal gibt, geht der Prozess zu Schritt 18.

[0103] In Schritt 18 wird der nächste Kanal als aktueller Kanal CH gesetzt, und der Schritt 2 und die nachfolgenden Schritte werden ausgeführt.

[0104] Wenn kein weiterer Kanal existiert, endet der Suchprozess.

[0105] In Schritt 6 kann vorzugsweise ermittelt werden, ob es zwei oder mehr Zeitcodes zwischen den Zeilen A und B gibt, bevor die Suche nach einem nicht transformierbaren Befehl anläuft. Wenn ja, sollte einer der Zeitcodes entfernt werden, um eine Irritation im nachfolgenden Prozess zu verhindern.

[0106] Vorzugsweise kann ermittelt werden, ob ein Befehl für die axiale Bewegung in Bezug auf eine der drei Achsen vorliegt. Es würde eine unzulässige Ablaufsteuerung in entscheidenden Situationen verhindern.

[0107] Der Zeitcode wie etwa "timing = 1" wird allein in einer Zeitbefehlzeile T beschrieben. Er wird niemals zusammen mit einem anderen Befehl wie etwa einem M-Code oder einem G-Code beschrieben. Der Zeitcode wird beschrieben, um eine simultane Bearbeitung in Bezug auf eine Vielzahl von Kanälen auszulösen. Abschnitte, die denselben Zeitcode beinhalten, werden simultan ausgeführt.

1.3 Erläuterung von Schritt 5 in [Fig. 5A](#)

[0108] [Fig. 7](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 5A](#) dar, die die Transformation eines Programms zur simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0109] In Schritt 1 wird der Block zwischen den Zeilen A und B, der in Schritt 4 von [Fig. 5](#) abgerufen wurde, untersucht, um zu ermitteln, ob ein Verfahrensbefehl bezogen auf eine der Steuerachsen existiert.

[0110] In Schritt 2 wird eine aktuelle Koordinatenposition vor dem Verfahrensbefehl bezogen auf eine bestimmte Steuerachse abgerufen.

[0111] In Schritt 3 wird der Block zwischen den Zeilen A und B der Reihe nach untersucht, und die Elemente werden neu angeordnet. Die Verfahrenspur und die Verfahrensgeschwindigkeit des Werkstücks oder des Werkzeugs werden auf diese Weise erreicht. Bei der Aufstellung der Anordnung der Elemente wird für den Befehl zum Verfahren des Werkzeugs im NC-Programm die Position der Schneidkante durch ein Verändern der Werkzeugkoordinate korrigiert. Die simultane Ausführung derartiger Versatzanpassungen würde die Zeit für die Umwandlung verkürzen.

[0112] In Schritt 4 wird die Beschleunigung oder die Verzögerung optimiert. Die Position oder der Punkt relativ zum Rotationswinkel der Spindel wird ermittelt, um die Beschleunigung oder die Verzögerung des Werkstücks oder des Werkzeugs zu optimieren.

[0113] In Schritt 5 wird eine Anpassung der Zeitsteuerung vorgenommen, um die Kanäle zu synchronisieren.

[0114] In Schritt 6 wird die Anordnung der Elemente in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt. Wie oben beschrieben wird eine Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve vorbereitet und eine Identifikationsnummer an sie vergeben.

[0115] In Schritt 7 wird das NC-Programm angepasst. Insbesondere wird das Programm zwischen den Zeilen A und B entfernt und stattdessen ein Schleifenbefehl unmittelbar nach der Zeile A eingefügt. Der Schleifenbefehl bezieht sich über die Identifikationsnummer, die an die Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve vergeben wurde, auf die Daten, die in die Tabelle der Daten einer elektronischen Steuerkurve eingetragen sind.

2.1 Erläuterung von Schritt D in [Fig. 4](#)

[0116] [Fig. 8](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation eines Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0117] In Schritt 1 werden die Zeilennummer und der Kanal initialisiert ($A = 0$, $B = 0$, $CH = 1$).

[0118] In Schritt 2 wird ein Programm zur nicht-simultanen Bearbeitung nach einem Abschnitt, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll, durchsucht.

[0119] In Schritt 3 wird ermittelt, ob es einen Abschnitt gibt, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll. Wenn es einen gibt, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0120] In Schritt 4 werden die Zeilen A und B, die gekennzeichnet wurden (wird später beschrieben), abgerufen.

[0121] In Schritt 5 wird für das Programm zwischen den Zeilen A und B der Abschnitt des Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt. Wenn die Umwandlung abgeschlossen ist, kehrt der Prozess mit der Zeile B als Rückgabewert zu Schritt 2 zurück.

[0122] Wenn auf der anderen Seite kein Abschnitt existiert, der in Schritt 3 umgewandelt werden soll, geht der Prozess weiter zu Schritt 6.

[0123] In Schritt 6 wird Kanal CH für einen nächsten Kanal hochgezählt.

[0124] In Schritt 7 wird ermittelt, ob der aktuelle Kanal $CH = 4$ ist. Wenn ja, das heißt, die NC-Programme für alle Kanäle sind abgearbeitet, wird der Prozess beendet und kehrt zur Hauptroutine in [Fig. 4](#) zurück. Wenn der aktuelle Kanal noch nicht $CH = 4$ erreicht hat, geht der Prozess zu Schritt 8.

[0125] In Schritt 8 wird die Zeilennummer B auf Null (0) gesetzt, und das NC-Programm des nächsten Kanals CH wird ab Schritt 2 wiederholt.

2.2 Erläuterung von Schritt 2 in [Fig. 8](#)

[0126] [Fig. 9](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 8](#) dar, die ein Verfahren zur Suche nach einem Abschnitt eines Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung, der umgewandelt werden soll, zeigt.

[0127] In Schritt 1 wird die aktuelle Zeile B abgerufen.

[0128] In Schritt 2 wird die Zeile A für den Transformationsstart, die direkt auf die Zeile $B + 1$ folgt, abgerufen. Die Zeile für den Transformationsstart weist eine zugeordnete Kennzeichnung auf. Die Kennzeichnung in der Form eines Codes wird durch einen NC-Programmierer zugewiesen, um den Abschnitt, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll, zu kennzeichnen. Beispiele umfassen "Bohren Beginn" und "Bohren Ende". Die Zeile A für den Transformationsstart wird über eine solche Kennzeichnung gefunden.

- [0129]** In Schritt 3 wird ermittelt, ob die Zeile A für den Transformationsstart erfolgreich abgerufen wurde. Wenn es keine Zeile A gibt, geht der Prozess weiter zu Schritt 7.
- [0130]** In Schritt 7 wird bestimmt, dass ein Abschnitt im Programm zur nicht-simultanen Bearbeitung, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll, nicht existiert". Die Subroutine wird beendet und der Prozess kehrt zu Schritt 3 aus [Fig. 8](#) zurück.
- [0131]** Wenn auf der anderen Seite die Startzeile in Schritt 3 existiert, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.
- [0132]** In Schritt 4 wird die Zeile B für das Transformationsende, die direkt auf die Zeile A + 1 folgt, abgerufen. Wie oben beschrieben, besitzt die Zeile B für das Transformationsende ebenso eine zugeordnete Kennzeichnung.
- [0133]** In Schritt 5 wird ermittelt, ob der Block zwischen der Zeile A und der Zeile B ein nicht-umwandelbares Programm enthält. Wenn es dort kein nicht-umwandelbares Programm gibt, geht der Prozess weiter zu Schritt 6.
- [0134]** In Schritt 6 wird bestimmt, dass ein Abschnitt im Programm zur nicht-simultanen Bearbeitung, der in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll, „existiert". Die Subroutine wird beendet und der Prozess kehrt zu Schritt 3 aus [Fig. 8](#) zurück.
- [0135]** Wenn es auf der anderen Seite dort ein nicht-umwandelbares Programm gibt, geht der Prozess weiter zu Schritt 8.
- [0136]** In Schritt 8 wird ein Fehlerkennzeichen auf AN gesetzt, um eine Logbuchdatei auszugeben, und der Prozess kehrt zu Schritt 2 mit der Zeile B als Rückmeldewert zurück.
- [0137]** Die Kennzeichnung ist – wie oben beschrieben – ein Kommentar, der einer Programmzeile oder einem Befehl angehängt wird, um zu kennzeichnen, dass das Programm in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden soll. Es wird am Anfang und am Ende des Programms wie etwa durch „Bohren Beginn" und „Bohren Ende" beschrieben. Solche Kennzeichen können automatisch durch ein Programmier-Tool hinzugefügt oder manuell eingegeben werden.
- 2.3 Erläuterung von Schritt 5 in [Fig. 8](#)
- [0138]** [Fig. 10](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 8](#) dar, die ein Verfahren zur Transformation des Programms zur nicht-simultanen Bearbeitung zeigt.
- [0139]** In Schritt 1 werden die Zeile A für den Transformationsstart, die Zeile B für das Transformationsende und der im Programm zwischen der Zeile A und der Zeile B vorgesehene Vorgang abgerufen.
- [0140]** In Schritt 2 wird ermittelt, ob der vorgesehene Vorgang das Gewindeschneiden betrifft. Ist das Gewindeschneiden vorgesehen, geht der Prozess zu Schritt 3.
- [0141]** In Schritt 3 wird der Vorgang des Gewindeschneidens eingesetzt, und der Prozess geht weiter zu Schritt 6.
- [0142]** Wenn das Gewindeschneiden nicht vorgesehen ist, geht der Prozess zu Schritt 4.
- [0143]** In Schritt 4 wird ermittelt, ob der vorgesehene Vorgang das Schneiden von Innengewinden betrifft. Ist ein Schneiden von Innengewinden vorgesehen, geht der Prozess zu Schritt 5.
- [0144]** In Schritt 5 wird der Vorgang des Schneidens von Innengewinden eingesetzt, und der Prozess geht weiter zu Schritt 6.
- [0145]** Wenn ein Schneiden von Innengewinden nicht vorgesehen ist, geht der Prozess zu Schritt 8.
- [0146]** In Schritt 8 wird eine andere Vorgangsart eingesetzt, und der Prozess geht zu Schritt 6.
- [0147]** In Schritt 6 wird die aktuelle Koordinate abgerufen, bevor das Programm zwischen der Zeile A und der

Zeile B in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt wird. Dies erfolgt deshalb, da das NC-Programm zwischen der Zeile A und der Zeile B wahrscheinlich keine aktuelle Koordinate aufweist und daher die Zeilen vor der Zeile A durchsucht werden müssen.

[0148] In Schritt 7 wird die Umwandlung entsprechend der jeweiligen Steuerachse durchgeführt, wird das beschriebene NC-Programm zwischen der Zeile A und der Zeile B in einen Schleifenbefehl geändert und die Subroutine ist abgeschlossen.

3.1 Erläuterung von Schritt E in [Fig. 4](#)

[0149] [Fig. 11A](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die ein Verfahren zur Optimierung einer Befehlsposition zur Werkzeuganwahl zeigt.

[0150] In Schritt 1 werden die Zeilennummern A, B und C sowie die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T initialisiert (A = 0, B = 0, C = 0, T = 0). In dieser Ausführungsform werden der Kanal 1 und der Kanal 3, deren Werkzeuge einander gegenüber angeordnet sind, verwendet. Bei diesem Typ einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine ist die Technik des Schritts E bei derartigen gegenüberliegenden Kanälen am meisten Erfolg versprechend. Natürlich kann der Kanal 2 eingebunden werden.

[0151] In Schritt 2 werden aus dem NC-Programm für den Kanal 1 und den Kanal 3, die Wartezeilen A, B und C sowie die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T abgerufen.

[0152] In Schritt 3 wird ermittelt, ob sie erfolgreich abgerufen wurden. Wenn keine Werte abgerufen wurden, kehrt der Prozess zur Hauptroutine von [Fig. 4](#) zurück.

[0153] Wenn sie abgerufen wurden, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0154] In Schritt 4 werden die Zeilen A, B und C sowie die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T gespeichert.

[0155] In Schritt 5 wird die Befehlsposition zur Werkzeuganwahl optimiert. Obwohl der Befehl in dieser Ausführungsform durch das Transformationsprogramm erfasst wird, kann er vom NC-Programmierer bei der Programmierung gekennzeichnet werden. Auf jeden Fall kann die Bearbeitungszeit des gekennzeichneten Vorgangs verkürzt werden.

[0156] Zur weiteren Erklärung wird unten ein konkreteres Beispiel beschrieben.

[0157] Wie in [Fig. 11B](#) gezeigt wird, wartet an den Zeilen ①, ② und ③ ein NC-Code, der einen Arbeitsvorgang in Kanal 1 und Kanal 3 spezifiziert. (Die oben beschriebene Wartezeile A stimmt entsprechend mit der ①, die Zeile B mit der ② und die Zeile C mit der ③ überein.) In diesem Beispiel erfordert für den Kanal 1 die Bearbeitungszeit zwischen der Zeile ① und der Zeile ② 10 Sekunden. Die Bearbeitungszeit zwischen der Zeile ② und der Zeile ③ erfordert 8 Sekunden. Für den Kanal 3 erfordert die Bearbeitungszeit zwischen der Zeile ① und der Zeile ② 15 Sekunden. Die Bearbeitungszeit zwischen der Zeile ② und der Zeile ③ erfordert 5 Sekunden.

[0158] Zwischen der Zeile ② und der Zeile ③ im Kanal 1 steht eine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T1. Die erforderliche Zeit für die Werkzeuganwahl beträgt 2 Sekunden. [Fig. 11C](#) zeigt, der Kanal 1 wartet 5 Sekunden lang, bis der Kanal 3 den Arbeitsvorgang zwischen der Zeile ① und der Zeile ② abschließt, und der Kanal 3 wartet 3 Sekunden lang, bis der Kanal 1 den Arbeitsvorgang zwischen der Zeile ② und der Zeile ③ abschließt. Somit enthält die Gesamtzeit zwischen der Zeile ① und der Zeile ③ eine Wartezeit von 8 Sekunden.

[0159] Wenn die Werkzeuganwahl zwischen der Zeile ① und der Zeile ② ausgeführt wird, reduziert sich die Wartezeit um 2 Sekunden, da die Werkzeuganwahl nur 2 Sekunden benötigt. Wie in [Fig. 11C](#) gezeigt wird, wird die Gesamtzeit (23 Sekunden) durch das Verschieben der Befehlsposition T1 um 2 Sekunden (auf 21 Sekunden) verringert.

[0160] In ähnlicher Weise wird angenommen, dass in Kanal 3 eine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T3 auftritt (während in Kanal 1 kein derartiger Befehl vorliegt). Die erforderliche Zeit für die Werkzeuganwahl beträgt 1 Sekunde. Die Befehlsposition T3 wird in den Block zwischen der Zeile ① und der Zeile ② verschoben. Wie in [Fig. 11C](#) gezeigt wird, wird die Gesamtzeit (23 Sekunden) durch das Verschieben der Befehlsposition T3 um 1 Sekunde (auf 24 Sekunden) erhöht.

[0161] Ferner wird angenommen, dass die Befehlszeilen zur Werkzeuganwahl T1 und T3 in den Kanälen 1 und 3 vorliegen und dass sie jeweils verschoben werden. Wie in [Fig. 11C](#) gezeigt wird, wird die Gesamtzeit (23 Sekunden) durch das Verschieben der Befehlspositionen T1 und T3 um 1 Sekunde (auf 22 Sekunden) verringert.

[0162] Wie oben beschrieben, kann die Wartezeit durch das Verschieben des Befehls zur Werkzeuganwahl verringert oder erhöht werden. Deshalb muss ein Befehl zur Werkzeuganwahl im Hinblick auf die zeitlichen Auswirkungen in jedem einzelnen Fall ordnungsgemäß verschoben werden, um die Bearbeitungszeit zu optimieren (zu verkürzen).

3.2 Erläuterung von Schritt 2 in [Fig. 11A](#)

[0163] [Fig. 12](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 11A](#) dar, die ein Verfahren zum Abrufen der Zeilen A, B und C und der Zeile mit dem Befehl zur Werkzeuganwahl T für die Kanäle 1 und 3 zeigt.

[0164] In Schritt 1 werden die Zeilen A, B und C sowie die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T eingelesen.

[0165] In Schritt 2 wird das Programm, das nach der Zeile B in Kanal 1 folgt, untersucht und es werden die Wartezeilen A, B und C, die als erstes kommen, abgerufen. Die entsprechenden Zeilen in Kanal 3 werden ebenfalls abgerufen. Obwohl alle Zeilen A, B und C zum ersten Mal abgerufen werden, wird lediglich die Zeile C danach ein zweites Mal abgerufen, da $A = B$ und $B = C$ gilt.

[0166] In Schritt 3 wird ermittelt, ob die Wartezeilen A, B und C erfolgreich abgerufen wurden. Wenn sie nicht abgerufen wurden, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 4](#) zurück. Wenn sie abgerufen wurden, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0167] In Schritt 4 wird ermittelt, ob der Wartecode wirksam ist. Wenn er wirksam ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 5. Ein "wirksamer Wartecode" bedeutet, dass der Wartecode nicht mit einem anderen Kanal verknüpft ist. Im Fall, dass der Wartecode nicht wirksam ist, das heißt, er ist mit einem anderen Kanal verknüpft, wird das Verschieben der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl in Schritt 4 verhindert. Insbesondere wenn angenommen wird, dass der Kanal 1 ein Werkzeug auf der Seite des Kanals 3 verwenden wird, werden beide Kanäle angehalten und dann das Werkzeug von Kanal 3 so bewegt, wie es vom NC-Programm angewiesen wird.

[0168] In Schritt 5 wird die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T mit der kleinsten Zeilennummer zwischen der Zeile B und der Zeile C in Kanal 1 und Kanal 3 abgerufen.

[0169] In Schritt 6 wird ermittelt, ob eine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T entweder aus dem Kanal 1 oder aus dem Kanal 3 nicht erfolgreich abgerufen wurde. Wenn sie erfolgreich abgerufen wurde, geht der Prozess weiter zu Schritt 7.

[0170] In Schritt 7 wird ermittelt, ob die Zeile T ein einziger Befehl in einem der beiden Kanäle, Kanal 1 oder Kanal 3, ist. Der einzige Befehl bedeutet, dass die Zeile T keinen anderen Befehl als den Befehl zur Werkzeuganwahl enthält, wie etwa einen zusätzlichen Befehl, wie ihn der Befehl zur Änderung der Rotation der Spindel darstellt. Wenn ein anders gearteter Befehl enthalten ist, kann die Berechnung der Wartezeit fehlerhaft sein, da ein solche Zeit nicht vom Zeiterfassungsmodul unterstützt wird.

[0171] Wenn in Schritt 7 der Befehl zur Werkzeuganwahl der einzige Befehl ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 8.

[0172] In Schritt 8 wird ermittelt, ob zwischen der Zeile B und der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T in einem der beiden Kanäle, Kanal 1 oder Kanal 3, ein Befehl zur axialen Verfährung vorliegt. Ein Befehl zur axialen Verfährung gilt für das aktuelle Werkzeug, wenn er vor der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T steht, und nicht für das Werkzeug, das durch die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T bezeichnet wird. Wenn die Position mit dem Befehl zur Werkzeuganwahl über den Befehl zur axialen Verfährung hinaus verschoben wird, würde das Ergebnis die Absicht des originalen NC-Programms verfehlen. Der Schritt 8 ist für das Verhindern derartiger Probleme vorgesehen.

[0173] Wenn kein Befehl zur axialen Verfährung in Schritt 8 vorliegt, endet die Subroutine und der Prozess kehrt zur Hauptroutine in [Fig. 11](#) zurück.

[0174] Wenn das Ergebnis von Schritt 4 NEIN, das Ergebnis von Schritt 6 JA, das Ergebnis von Schritt 7 NEIN oder das Ergebnis von Schritt 8 JA ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 9.

[0175] In Schritt 9 wird die Zeile B durch A und die Zeile C durch B ersetzt, und der Schritt 2 und die nachfolgenden Schritte werden wiederholt.

3.3 Erläuterung von Schritt 5 in [Fig. 11A](#)

[0176] [Fig. 13](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 11A](#) dar, die ein Verfahren zur Optimierung einer Befehlsposition zur Werkzeuganwahl in den Kanälen 1 und 3 zeigt.

[0177] In Schritt 1 werden die Zeilen A, B und C sowie die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T, die in [Fig. 12](#) abgerufen werden, eingelesen.

[0178] In Schritt 2 werden die Zeitdaten der folgenden Parameter vom Zeiterfassungsmodul abgerufen.

Kanal 1

Betriebszeit von Zeile A nach Zeile B:	TimeAB1
Betriebszeit von Zeile B nach Zeile C:	TimeBC1
Werkzeuganwahlzeit:	TimeT1 (*)

Kanal 3

Betriebszeit von Zeile A nach Zeile B:	TimeAB3
Betriebszeit von Zeile B nach Zeile C:	TimeBC3
Werkzeuganwahlzeit:	TimeT3 (*)

(*) Wenn keine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl vorliegt, sind die Zeiten TimeT1 und TimeT3 jeweils Null (0).

[0179] In Schritt 3 wird Opti1 (Optimierung, wenn nur die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl von Kanal 1 verschoben wird) nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Opti1} = (|\text{TimeAB1} \cdot \text{TimeAB3}| \cdot |(\text{TimeAB1} + \text{TimeT1}) \cdot \text{TimeAB3}|) + (|\text{TimeBC1} \cdot \text{TimeBC3}| \cdot |(\text{TimeBC1} \cdot \text{TimeT1}) \cdot \text{TimeBC3}|)$$

[0180] In Schritt 4 wird Opti3 (Optimierung, wenn nur die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl von Kanal 3 verschoben wird) nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Opti3} = (|\text{TimeAB1} \cdot \text{TimeAB3}| \cdot |\text{TimeAB1} \cdot (\text{TimeAB3} + \text{TimeT3})|) + (|\text{TimeBC1} \cdot \text{TimeBC3}| \cdot |\text{TimeBC1} \cdot (\text{TimeBC3} + \text{TimeT3})|)$$

[0181] In Schritt 5 wird Opti13 (Optimierung, wenn die Befehlszeilen zur Werkzeuganwahl von Kanal 1 und Kanal 3 verschoben werden) nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Opti13} = (|\text{TimeAB1} \cdot \text{TimeAB3}| \cdot |(\text{TimeAB1} + \text{TimeT1}) \cdot (\text{TimeAB3} + \text{TimeT3})|) + (|\text{TimeBC1} \cdot \text{TimeBC3}| \cdot |(\text{TimeBC1} + \text{TimeT1}) \cdot (\text{TimeBC3} + \text{TimeT3})|)$$

[0182] In Schritt 6 wird ermittelt, ob Opti1 gleich oder größer ist als Opti3. Wenn JA, geht der Prozess weiter zu Schritt 7.

[0183] In Schritt 7 wird ermittelt, ob Opti1 gleich oder größer ist als Opti13. Wenn JA, geht der Prozess weiter zu Schritt 8.

[0184] In Schritt 8 wird ermittelt, ob Opti1 größer als Null (0) ist. Wenn JA, geht der Prozess weiter zu Schritt 9.

[0185] In Schritt 9 wird die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T von Kanal 1 direkt vor die Zeile B verschoben. Dies stellt sicher, dass der Befehl zur axialen Verfahung immer noch so funktioniert, wie es ursprünglich beabsichtigt war.

[0186] Wenn auf der anderen Seite in Schritt 7 Opti13 größer als Opti1 ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 11.

[0187] In Schritt 11 wird ermittelt, ob Opti13 größer als Null (0) ist. Wenn NEIN, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 11A](#) zurück, ohne die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl zu verschieben. Wenn JA, das heißt, Opti13 ist größer als Null (0), geht der Prozess weiter zu Schritt 12.

[0188] In Schritt 12 wird die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T von Kanal 1 und Kanal 3 direkt vor die Zeile B verschoben.

[0189] Wenn auf der anderen Seite in Schritt 8 Opti1 nicht größer als Null (0) ist, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 11A](#) zurück, ohne die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T zu verschieben.

[0190] Wenn Opti3 in Schritt 6 größer als Opti1 ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 10.

[0191] In Schritt 10 wird ermittelt, ob Opti3 gleich oder größer als Opti13 ist. Wenn NEIN, das heißt, Opti13 ist größer als Opti3, geht der Prozess weiter zu Schritt 11. Wenn JA, das heißt, Opti3 ist größer als Opti13, geht der Prozess weiter zu Schritt 13.

[0192] In Schritt 13 wird ermittelt, ob Opti3 größer als Null (0) ist. Wenn es einen negativen Wert aufweist, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 11A](#) zurück, ohne die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T zu verschieben. Wenn es einen positiven Wert aufweist, geht der Prozess weiter zu Schritt 14.

[0193] In Schritt 14 wird die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T von Kanal 3 direkt vor die Zeile B verschoben.

4.1 Erläuterung von Schritt F in [Fig. 4](#)

[0194] [Fig. 14](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 4](#) dar, die die Transformation des Programms zur Werkzeuganwahl in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0195] In Schritt 1 wird die Initialisierung durchgeführt (B = 0, CH = 1).

[0196] In Schritt 2 werden die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B vor und nach der Zeile T abgerufen.

[0197] In Schritt 3 wird ermittelt, ob die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B vorhanden sind. Wenn sie vorliegen, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0198] In Schritt 4 werden die Zeilen A, B und T eingelesen.

[0199] In Schritt 5 wird der Arbeitsvorgang zur Werkzeuganwahl in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt. Der Schritt 2 und die nachfolgenden Schritte werden für die Zeile B und die nachfolgenden Zeilen wiederholt.

[0200] Wenn auf der anderen Seite in Schritt 3 die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B nicht vorhanden sind, geht der Prozess weiter zu Schritt 6.

[0201] In Schritt 6 wird der Kanal CH aktualisiert. Da das NC-Programm des aktuellen Kanals keine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T zumindest im Programmteil nach der Zeile B aufweist, wird der Kanal CH auf den nächsten Kanal umgestellt.

[0202] In Schritt 7 wird ermittelt, ob der aktuelle Kanal CH = 4 ist. Wenn NEIN, geht der Prozess weiter zu Schritt 8.

[0203] In Schritt 8 werden die Zeilen A und B und die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T initialisiert, und der Schritt 2 und die nachfolgenden Schritte werden wiederholt.

[0204] Wenn auf der anderen Seite der aktuelle Kanal CH = 4 ist, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 1](#) zurück, da alle Kanäle vollständig durchsucht worden sind.

4.2 Erläuterung von Schritt 2 in [Fig. 14](#)

[0205] [Fig. 15](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 14](#) dar, die ein Verfahren zum Abrufen der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und der Wartezeilen A und B zeigt, die in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt werden sollen.

[0206] In Schritt 1 wird die Zeile B eingelesen.

[0207] In Schritt 2 wird eine Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T, die als erste nach der Zeile B + 1 kommt, abgerufen.

[0208] In Schritt 3 wird ermittelt, ob die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T erfolgreich abgerufen wurde. Wenn sie nicht abgerufen wurde, geht der Prozess zurück zur Routine in [Fig. 14](#). Wenn sie abgerufen wurde, geht der Prozess weiter zu Schritt 4.

[0209] In Schritt 4 werden die Wartezeilen A und B vor und nach der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T abgerufen,

[0210] In Schritt 5 wird ermittelt, ob die Wartecodes wirksam sind. Wenn sie nicht wirksam sind, werden der Schritt 2 und die nachfolgenden Schritte wiederholt. Wenn ein Wartecode eines Kanals mit einem anderen Kanal wie in einer Synchronisation X1–X3 verknüpft ist, würde die Umwandlung die beabsichtigte Verknüpfung der Kanäle einbüßen. Deshalb ist der Schritt 5 vorgesehen, um derartige unwirksame Wartecodes zu entfernen.

[0211] Wenn ein Wartecode wirksam ist, geht der Prozess weiter zu Schritt 6.

[0212] In Schritt 6 wird ermittelt, ob die Wartezeit länger als alle anderen aus anderen Kanälen ist. Wenn JA, das heißt, diese Wartezeit ist die längste, kehrt der Prozess zu Schritt 2 zurück. Wenn NEIN, geht der Prozess weiter zu Schritt 7. Diese Ermittlung wird durchgeführt, um zu bestätigen, dass die tatsächlich erlaubte zusätzliche Zeit für die Werkzeuganwahl in der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T im Kanal in Hinblick auf die Werkzeuganwahl eines anderen Kanals ausreichend ist.

[0213] In Schritt 7 werden die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T, die Startzeile des Wartens A und die Endezeile des Wartens B gespeichert.

[0214] In Schritt 8 wird ermittelt, ob der Kanal 3 der aktuelle Kanal ist. Wenn JA, geht der Prozess weiter zu Schritt 9.

[0215] In Schritt 9 wird ermittelt, ob der Befehl zur Werkzeuganwahl T von Kanal 1 in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt worden ist. Wenn JA, geht der Prozess weiter zu Schritt 10.

[0216] In Schritt 10 wird die Speicherung der Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T, der Startzeile des Wartens A und der Endezeile des Wartens B (in Schritt 7 gespeichert) widerrufen. Der Prozess kehrt zur Hauptroutine in [Fig. 14](#) mit dem Ergebnis zurück, dass die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B "nicht existieren".

[0217] Eine simultane Werkzeuganwahl auf Kanal 1 und Kanal 3 tritt selten auf. Wenn ein Kanal in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt worden ist, sollte der andere Kanal nicht umgewandelt werden, da die Umwandlung auf beiden Kanälen möglicherweise eine Störung des Betriebs verursachen würde.

[0218] Wenn der Befehl zur Werkzeuganwahl von Kanal 1 in Schritt 9 nicht umgewandelt wurde, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 14](#) mit dem Ergebnis zurück, dass die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B "existieren".

[0219] Wenn in Schritt 8 ermittelt wird, dass der Kanal 3 nicht der aktuelle Kanal ist, kehrt der Prozess zur Hauptroutine in [Fig. 14](#) mit dem Ergebnis zurück, dass die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T und die Wartezeilen A und B "existieren", da die Zeilen A, B und T zumindest in Kanal 1 abgerufen worden sind.

4.3 Erläuterung von Schritt 5 in [Fig. 14](#)

[0220] [Fig. 16](#) stellt eine Subroutine aus [Fig. 14](#) dar, die die Transformation des Programms zur Werkzeuganwahl in die Daten einer elektronischen Steuerkurve zeigt.

[0221] In Schritt 1 werden die Befehlszeile zur Werkzeuganwahl T, die Startzeile des Wartens A und die Endezeile des Wartens B eingelesen.

[0222] In Schritt 2 wird die Zeitdifferenz ΔT – verglichen mit der längsten Wartezeit auf einem anderen Kanal – berechnet.

[0223] In Schritt 3 werden alle Befehlszeilen zur Werkzeuganwahl zwischen den Wartezeilen A und B und die Werkzeuganwahlzeiten vom NC-Programm und dem Zeiterfassungsmodul jeweils ausgelesen.

[0224] In Schritt 4 wird die Zeitdifferenz ΔT im Verhältnis zur Dauer einer jeden Werkzeuganwahlzeit unterteilt.

[0225] In Schritt 5 wird der Arbeitsvorgang zur Werkzeuganwahl in Daten einer elektronischen Steuerkurve umgewandelt, in denen der Arbeitsvorgang zur Werkzeuganwahl entsprechend der unterteilten Zeit langsamer ausgeführt wird.

[0226] In Schritt 6 wird die Zeile B gespeichert und der Prozess kehrt zur Hauptroutine zurück.

[0227] Wie oben beschrieben, wird die berechnete zusätzliche Zeit für jeden Befehl zur Werkzeuganwahl im Verhältnis zur Dauer einer jeden Werkzeuganwahlzeit als eine zusätzliche Werkzeuganwahlzeit zugeteilt. Normalerweise würde ein Vorgang der Werkzeuganwahl durch das NC-Programm schnell ausgeführt werden, wobei die zusätzliche Zeit insgesamt unberührt belassen wird, selbst wenn eine solche Zeit zugeteilt wäre. Die Werkzeuganwahl der vorliegenden Erfindung ist jedoch so gestaltet, dass die gesamte Zeit einschließlich der Zuteilung verwendet wird. Deshalb wird die Werkzeuganwahl der vorliegenden Erfindung langsamer ausgeführt als das NC-Programm, mit dem Ergebnis, dass der Stützschaft des Werkzeugs oder die Lagerungen zum Stützen der rotierenden Teile einem geringeren Stoß oder einer geringeren Belastung ausgesetzt sind, wodurch die Lebensdauer der Teile vergrößert wird und die Genauigkeit des Produkts verbessert wird.

[0228] In Schritt 5 kann vorzugsweise die Bewegungsgeschwindigkeit des Werkzeugs in Abhängigkeit vom Arbeitsgang variiert werden. Zum Beispiel wird das Werkzeug schnell bewegt, wenn es nach dem Bearbeitungsende zurückgezogen wird, während sich das Werkzeug langsam bewegt, wenn es in die gewählte Position gebracht wird. Das verhindert im gleichen Maß wie durch das NC-Programm gesteuert, dass das zurückfahrende Werkzeug die Spindel störend beeinflusst.

[0229] In dieser Ausführungsform werden die Programmdateien, die in der NC-Vorrichtung der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine gespeichert sind, erarbeitet und dann im RAM der NC-Vorrichtung gespeichert. Stattdessen kann die Verarbeitung gerade dann ausgeführt werden, wenn die Programmdatei durch die CPU aus dem RAM der NC-Vorrichtung ausgelesen wird. In diesem Fall kann das NC-Programm im Voraus ausgelesen und wie oben beschrieben verarbeitet werden, um die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine zu betreiben.

[0230] Nach der vorliegenden Erfindung ist die Handhabung des Werkstücks und des Werkzeugs so optimiert, als ob die Programmierung durch einen erfahrenen NC-Programmierer ausgeführt worden wäre. Die Erfindung hat ferner Auswirkungen auf die Betriebszeit, die Produktkosten, die Produktqualität und die Lebensdauer der Maschine.

Patentansprüche

1. Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, die umfasst:
 ein NC-Programm, das in die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine (1) geladen werden soll, wobei das NC-Programm eine Vielzahl von Kanälen aufweist,
 Speichermittel (58) zum Speichern des NC-Programms einschließlich eines bestimmten Programmabschnitts, in dem bestimmt wird, ob die Befehlsposition zur Werkzeuganwahl veränderbar ist,
 ein Modul zur Zeiteilung (52) zum Simulieren des NC-Programms und zum Messen der der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten für jeden Kanal,

Bestimmungsmittel (**52, 58a**) zur Bestimmung, ob eine Betriebszeit der Werkzeugmaschine entsprechend diesem Abschnitt des NC-Programms durch das Ändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl in einem Kanal auf Basis der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten, die durch das Modul zur Zeiteilung gemessen werden, verkürzt wird,

Wechselmittel für die Befehlspositionen (**52, 58a**) zum Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl des im NC-Programm bestimmten Abschnitts, wenn die Bestimmungsmittel feststellen, dass die Betriebszeit durch das Ändern der Befehlspositionen zur Werkzeuganwahl, der Bestimmungsmittel und der Wechselmittel für die Befehlspositionen verkürzt wird, indem ein Transformationsprogramm ausgeführt wird, das in den Speichermitteln abgelegt ist, und

eine numerische Steuereinheit zum Betreiben der Werkzeugmaschine entsprechend dem NC-Programm, das durch die Wechselmittel für die Befehlspositionen geändert ist.

2. Verfahren zum Optimieren eines NC-Programms zum Betreiben einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine, das umfasst:

Veranlassen, dass das NC-Programm in die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine (**1**) geladen wird, wobei das NC-Programm eine Vielzahl von Kanälen aufweist,

Kennzeichnen eines Abschnitts im NC-Programm, in dem bestimmt wird, ob eine Befehlsposition zur Werkzeuganwahl veränderbar ist,

Speichern des NC-Programms in einem vorbestimmten Speicher (**58**) in der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine,

Simulieren des NC-Programms und Messen der Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten für jeden Kanal,

Bestimmen mittels eines Transformationsprogramms, ob eine Betriebszeit entsprechend dem Abschnitt des NC-Programms durch das Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl in einem Kanal auf Basis der gemessenen Betriebszeiten zwischen Warteschlangen und Werkzeuganwahlzeiten, verkürzt wird, und

Verändern der Befehlsposition zur Werkzeuganwahl mittels eines Transformationsprogramms, wenn festgestellt wird, dass die durch das Ändern der Befehlspositionen zur Werkzeuganwahl verkürzt wird, und Erstellen einer Betriebsprogramm-Datei für die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

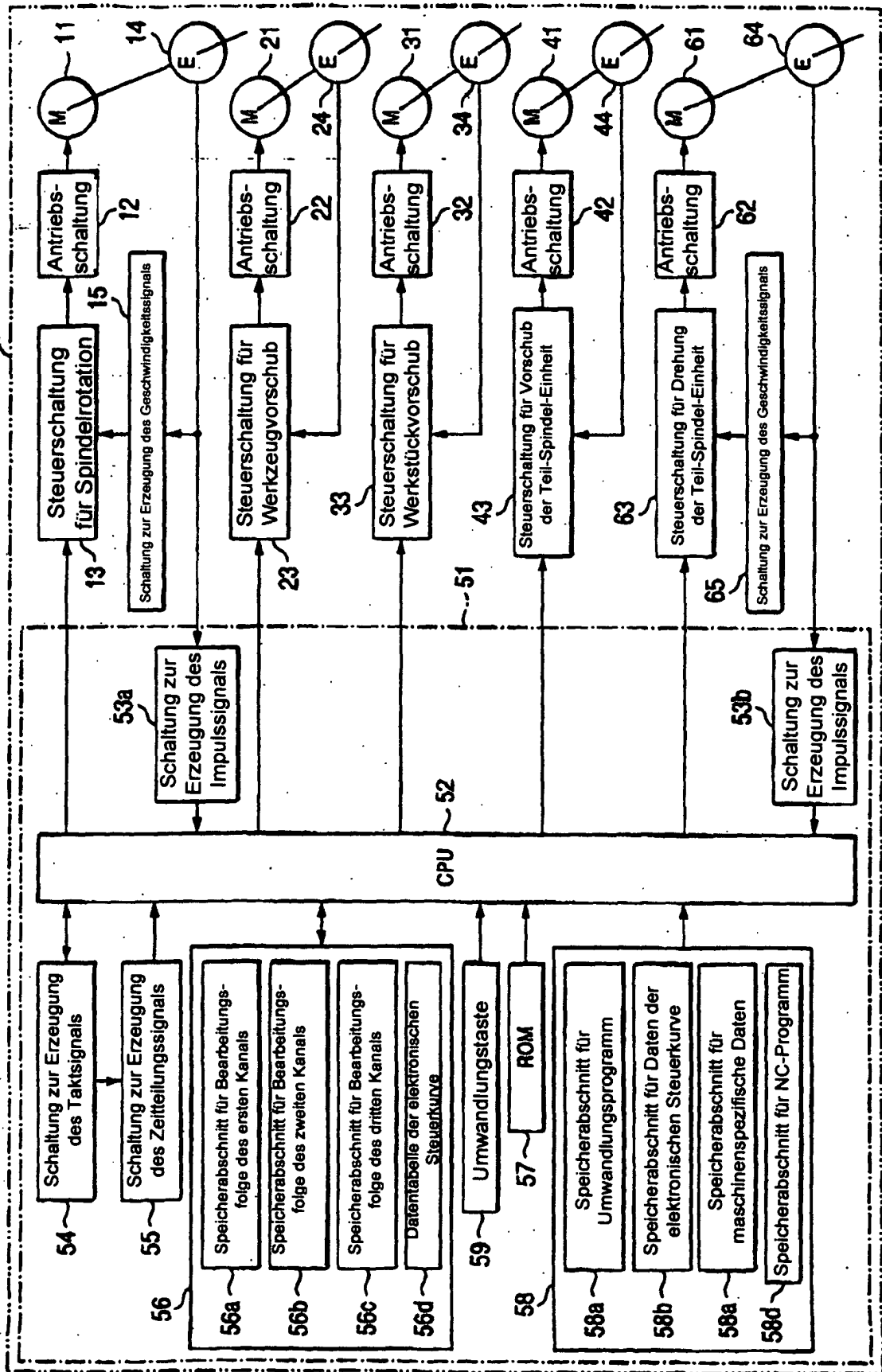


FIG. 2

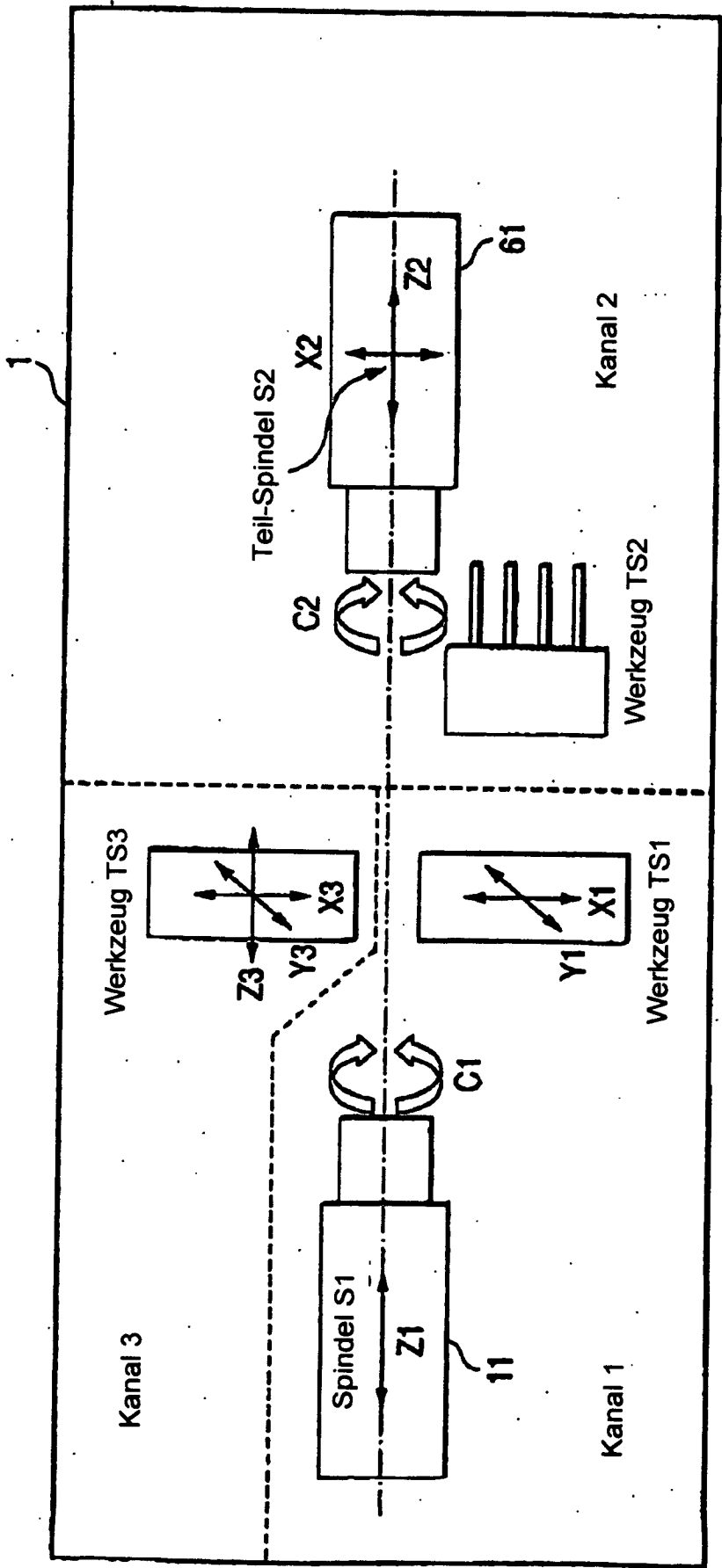


FIG. 3

56d, 58b

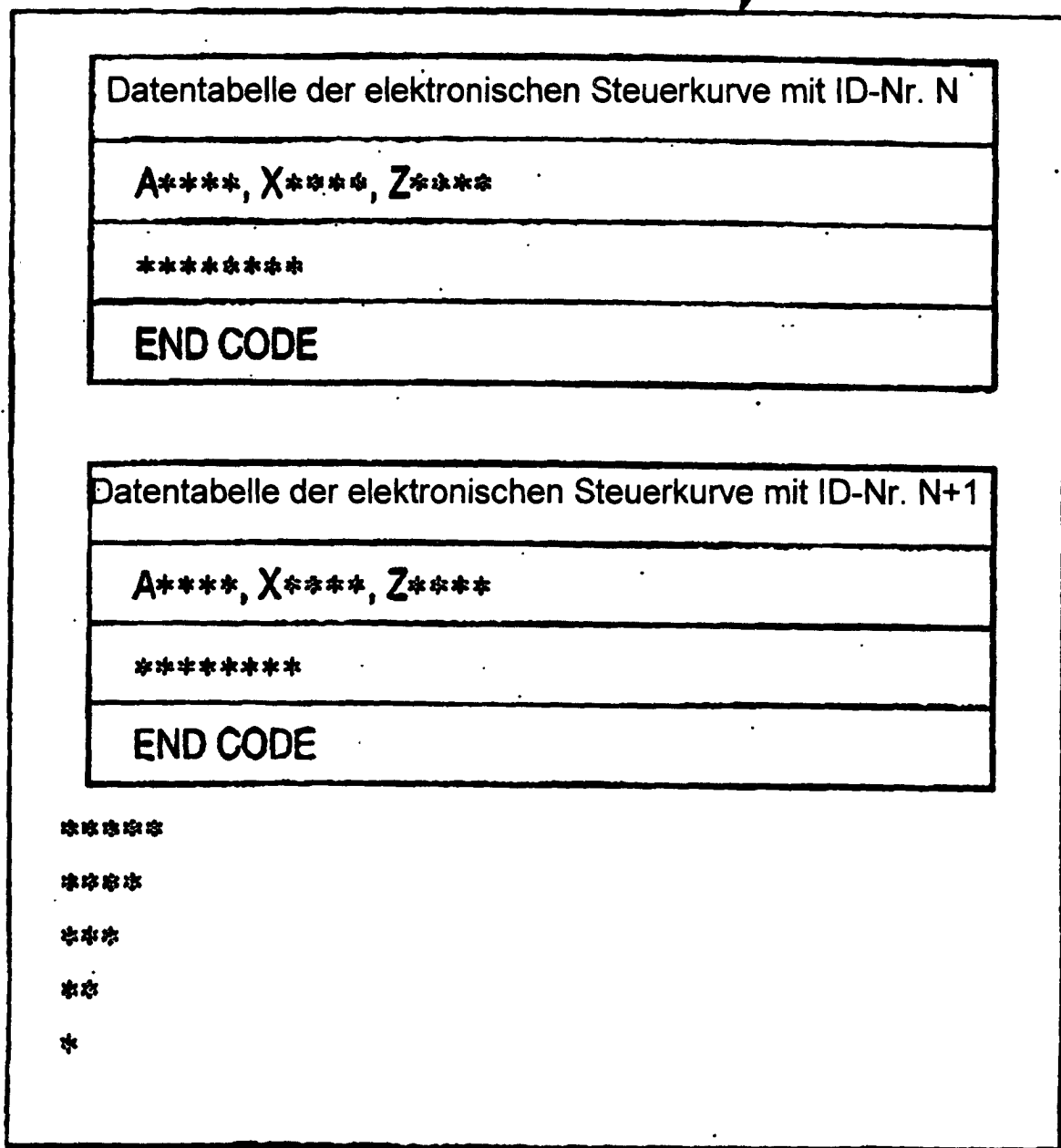


FIG. 4

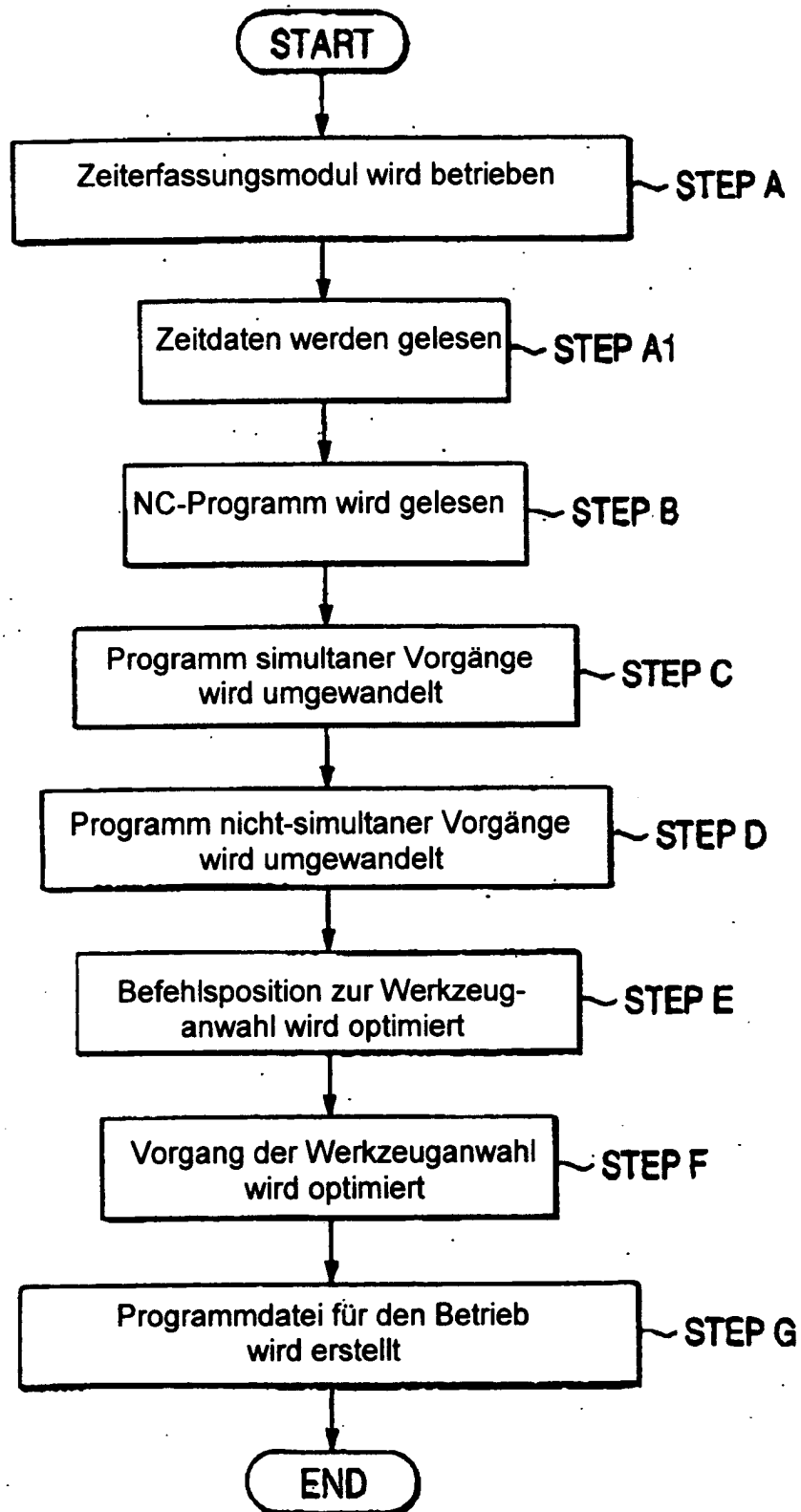


FIG. 5A

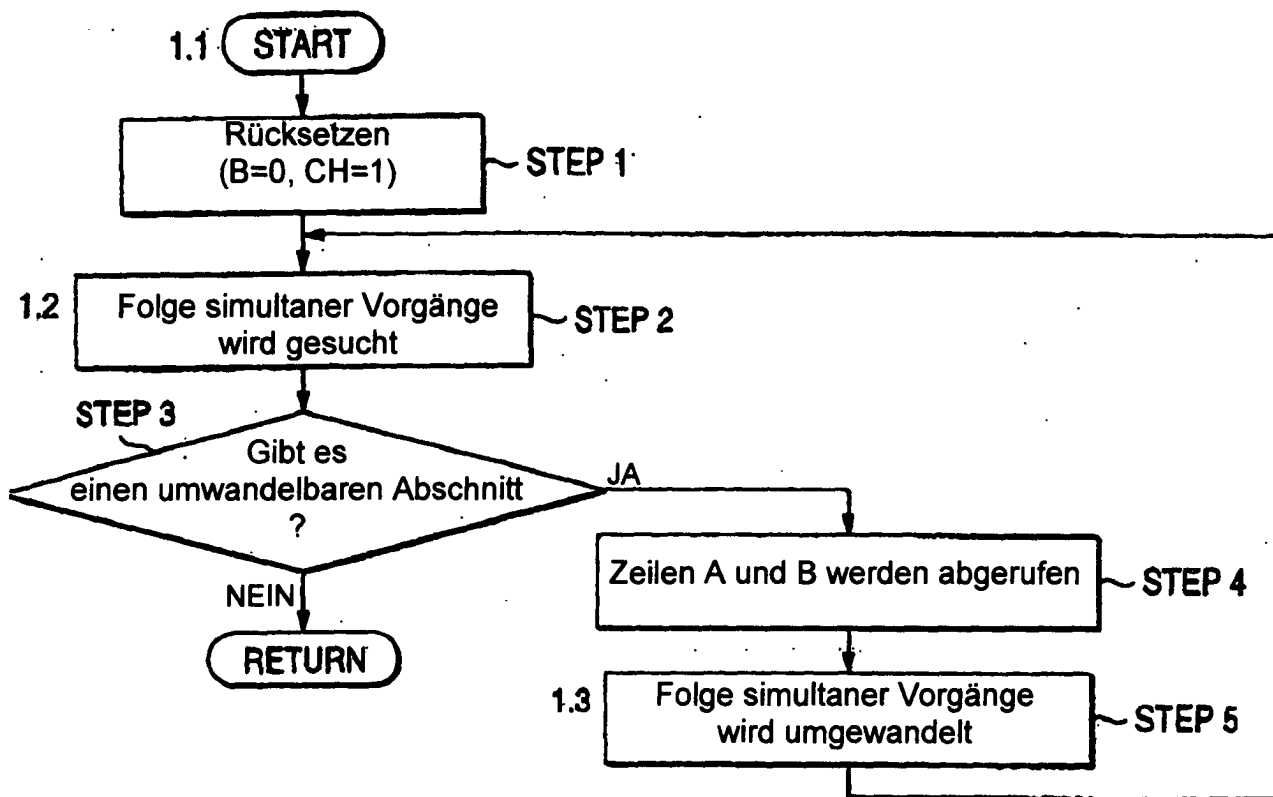


FIG. 5B

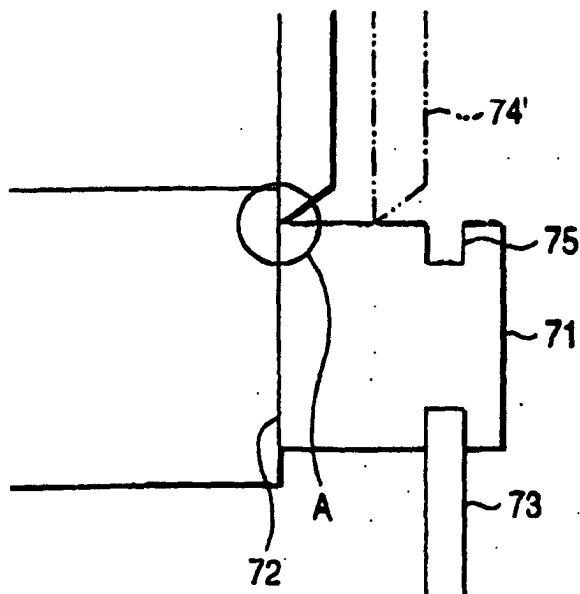


FIG. 5C

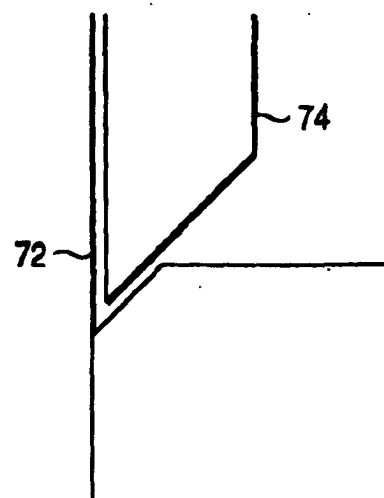
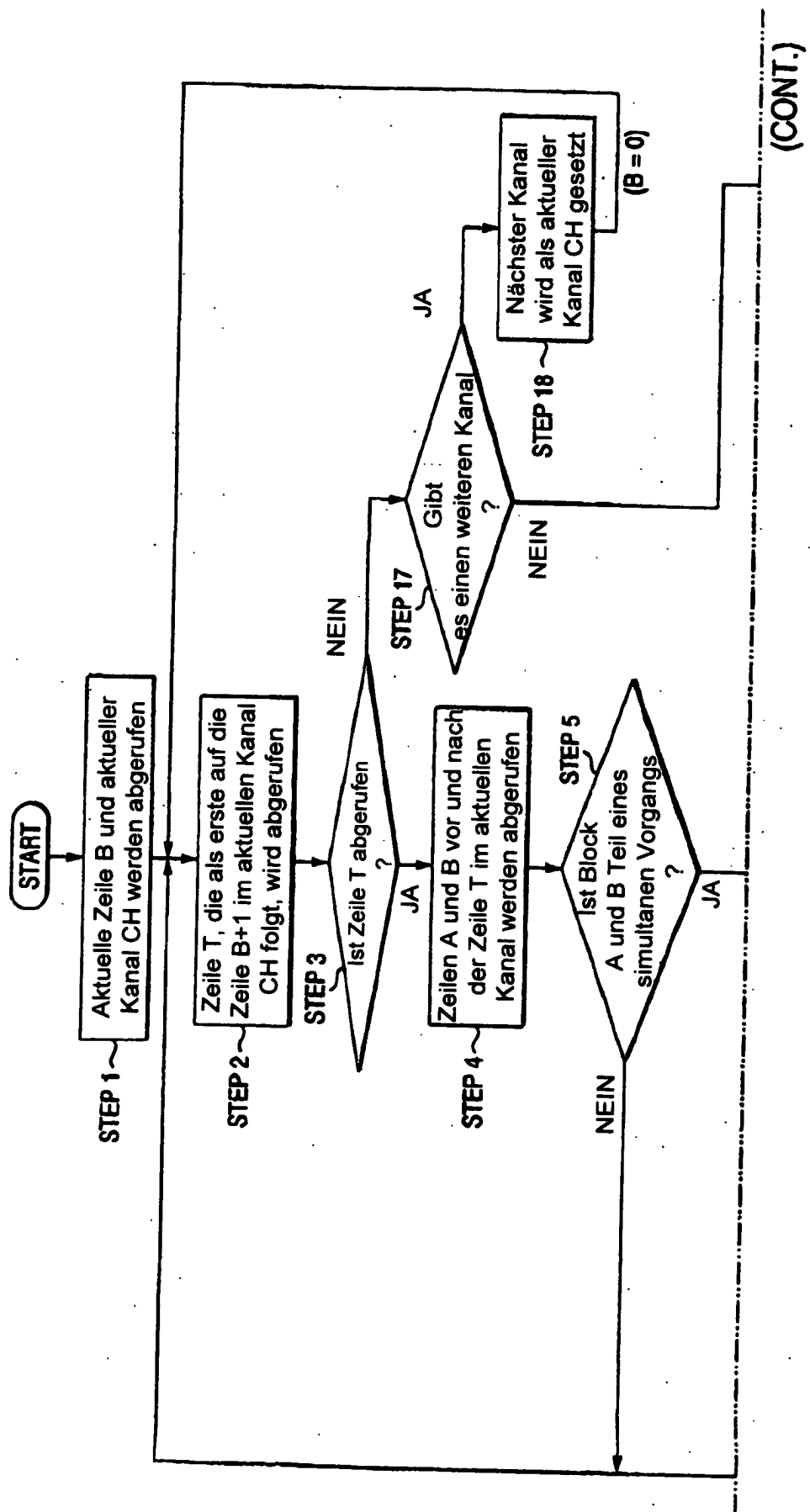


FIG. 6



(FIG. 6 fortgesetzt)

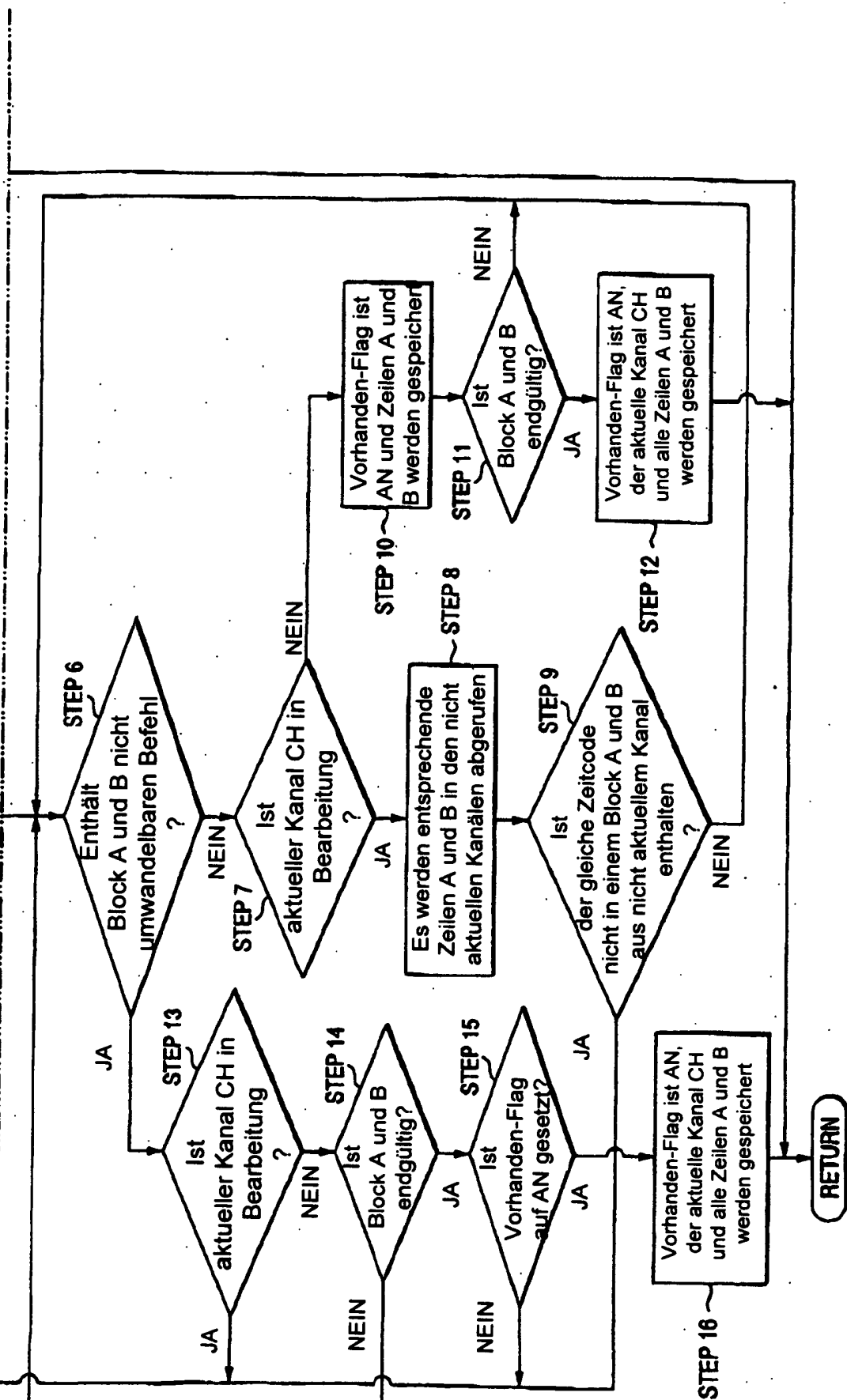


FIG. 7

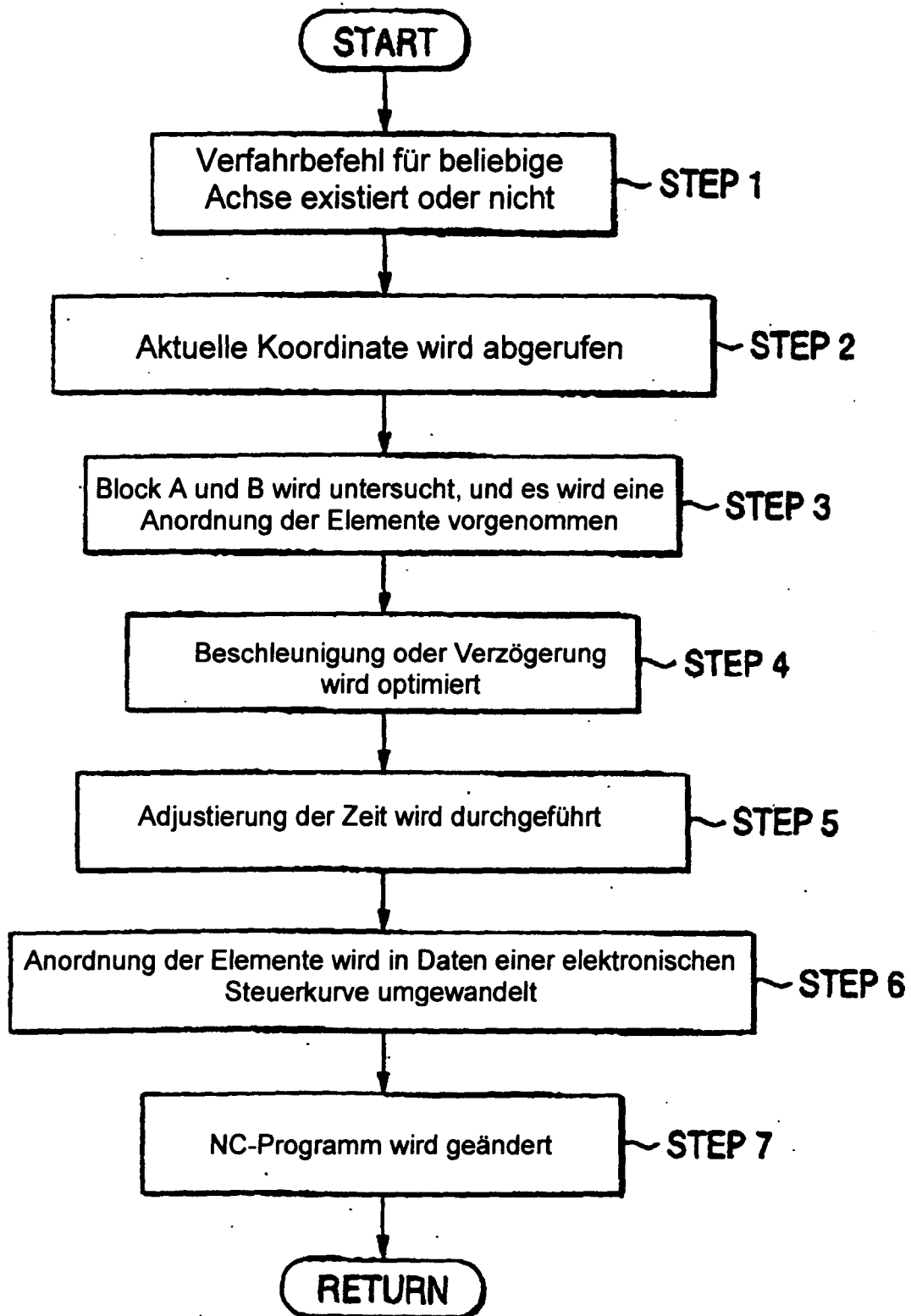


FIG. 8

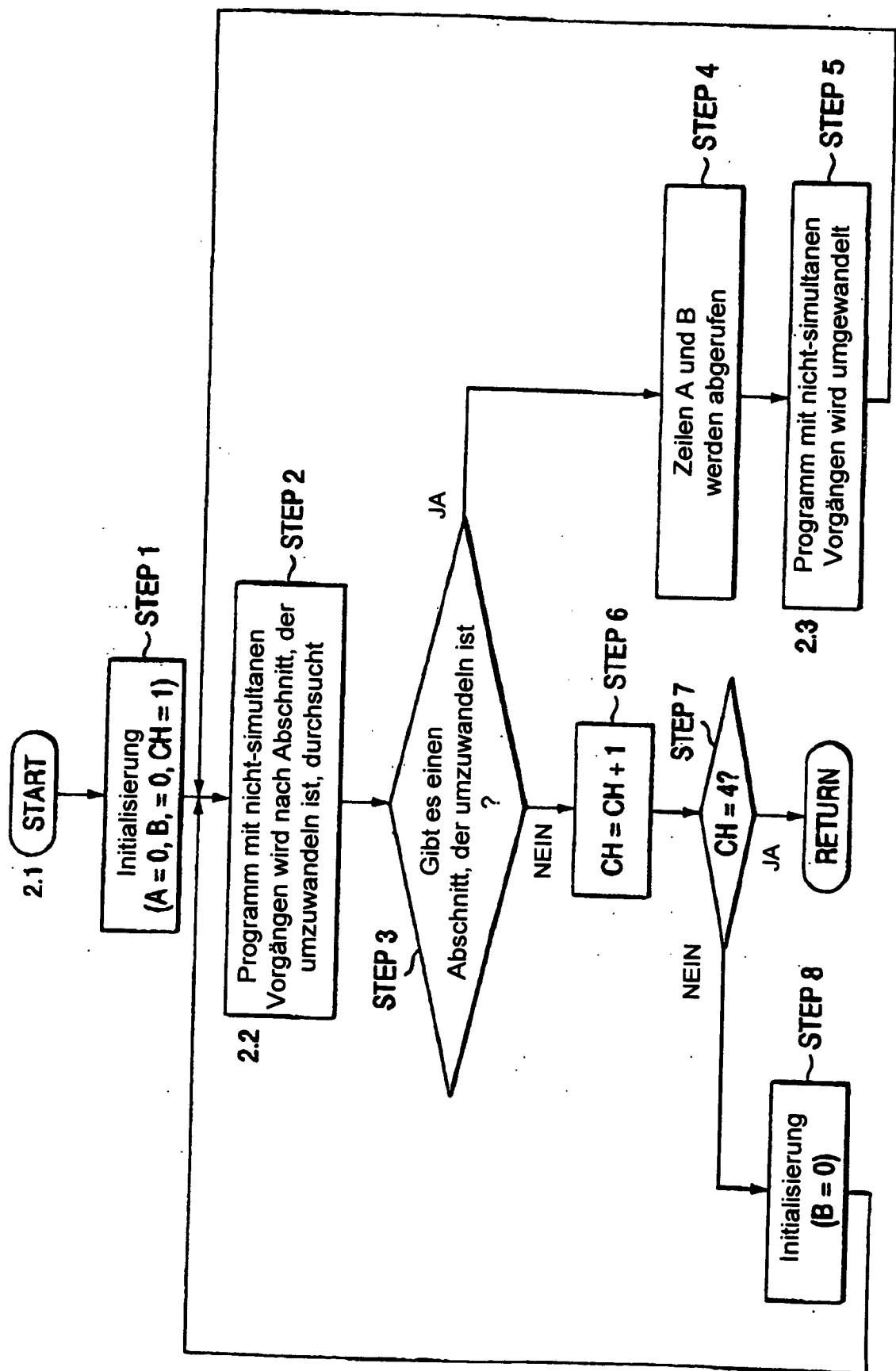


FIG. 9

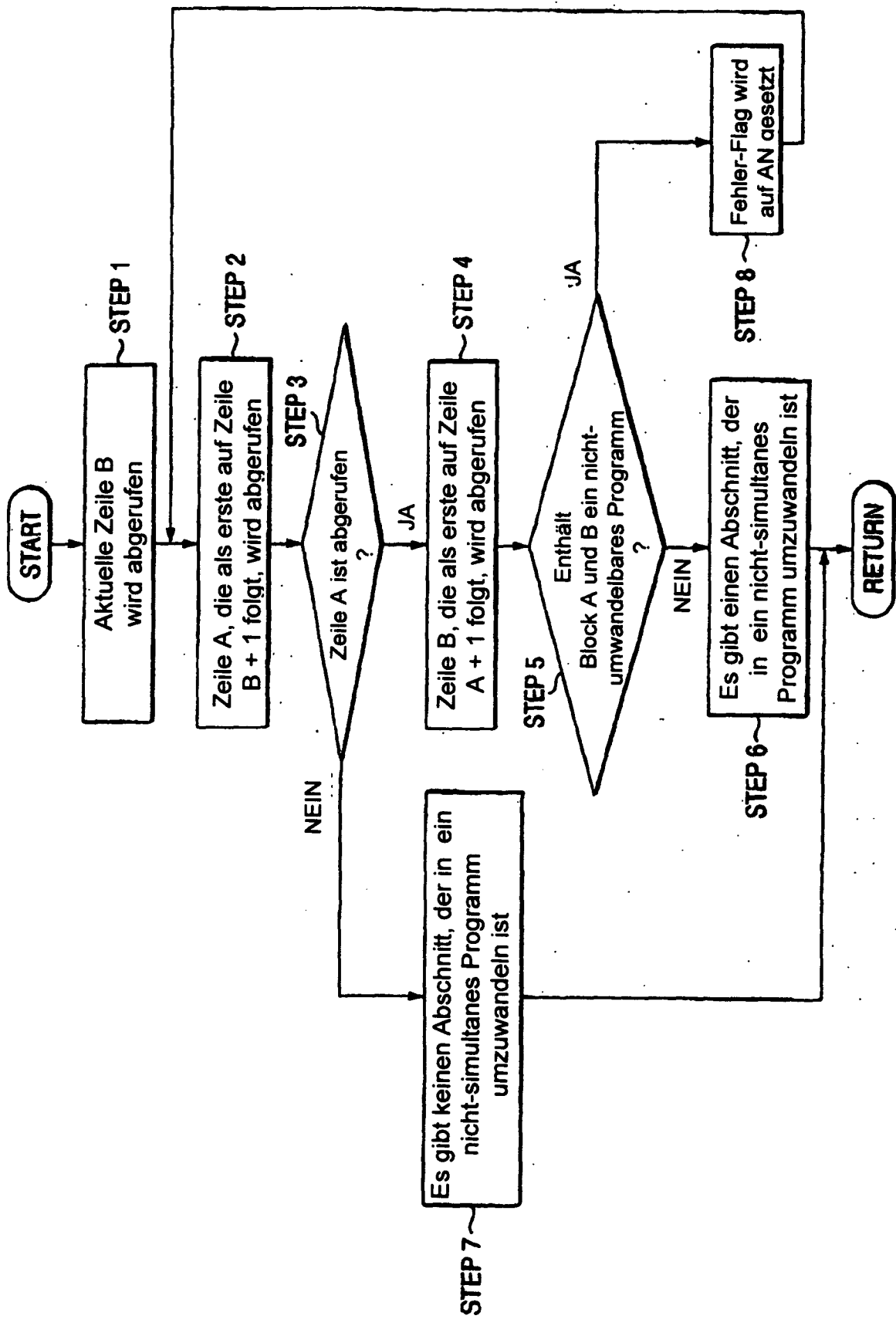


FIG. 10

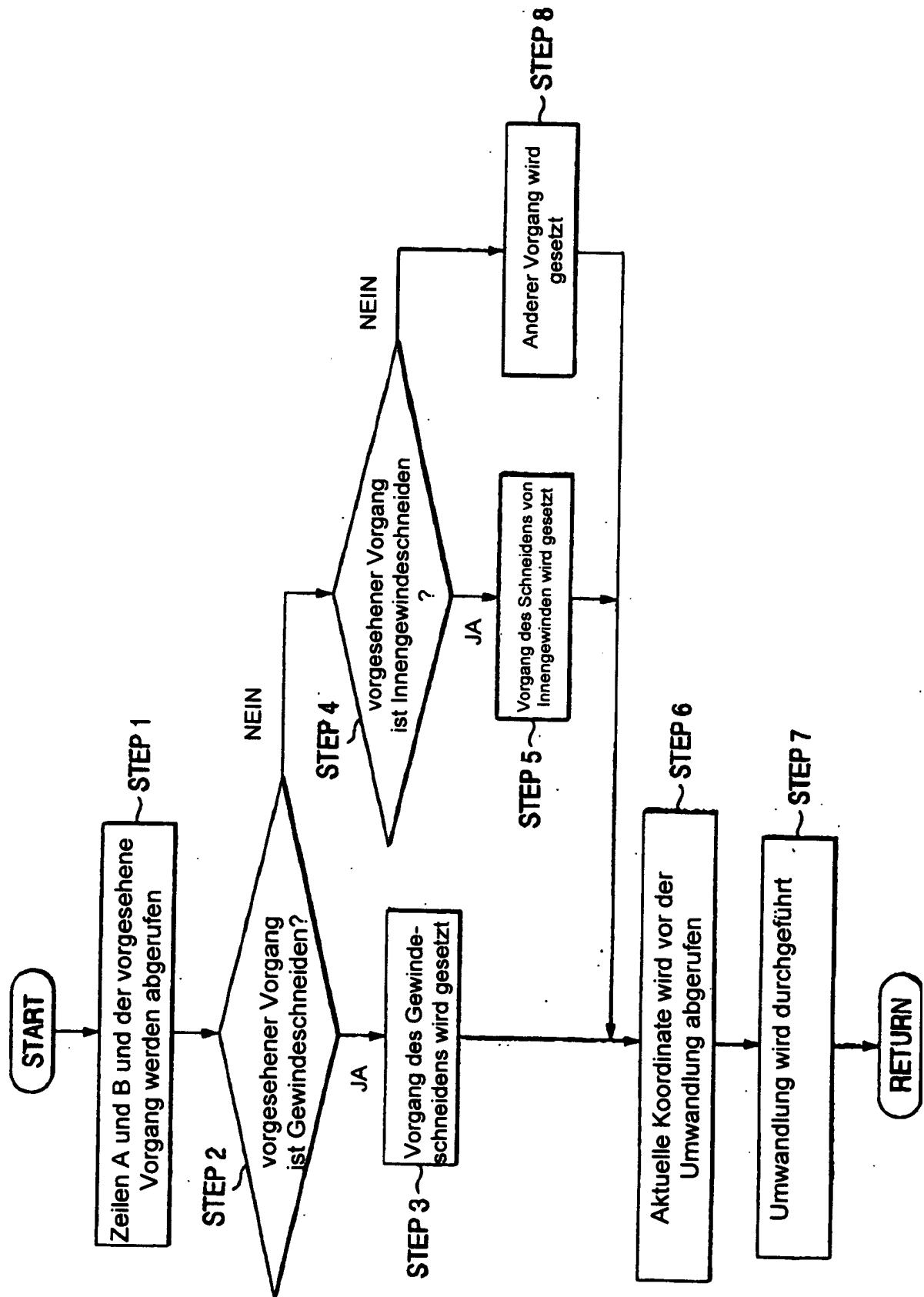


FIG. 11A

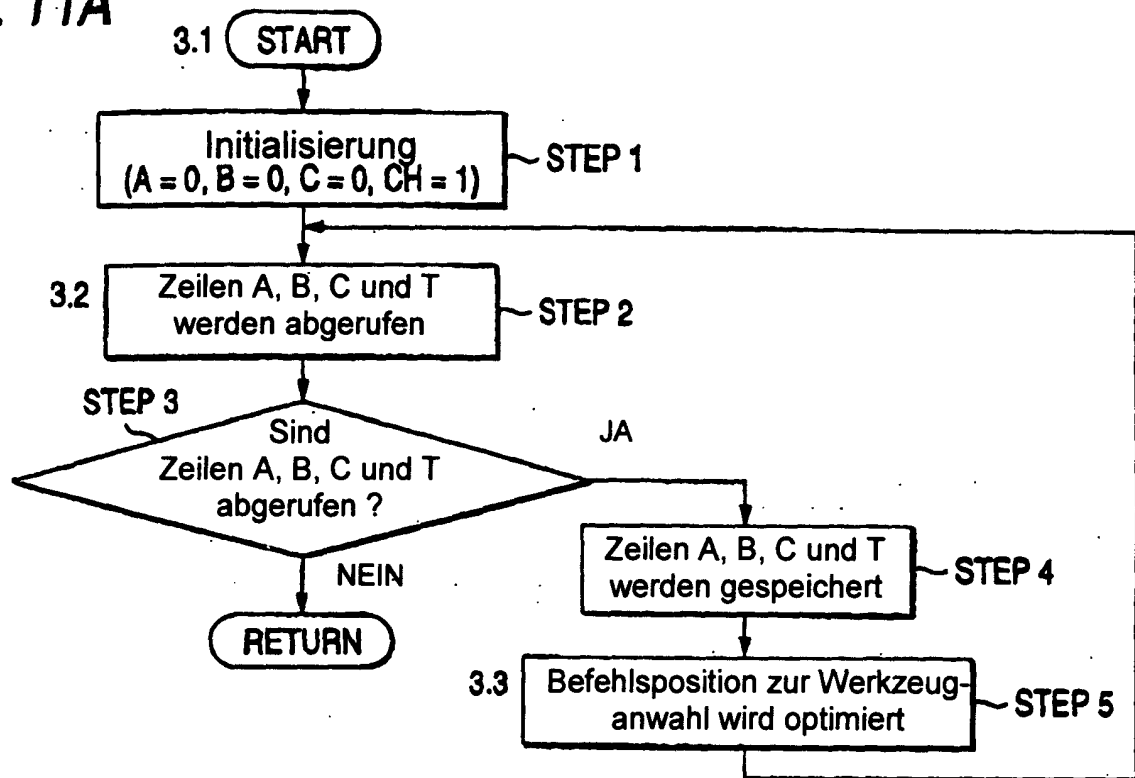


FIG. 11B

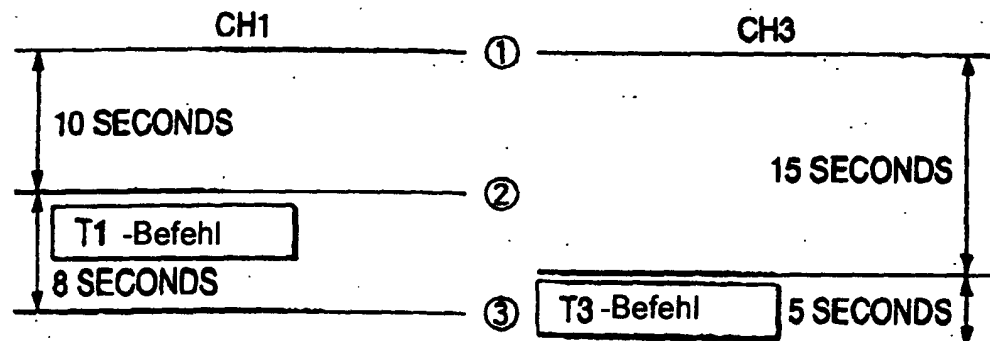


FIG. 11C

Verschoberener Befehl			T1		T2		T3	
Kanal	CH1	CH3	CH1	CH3	CH1	CH3	CH1	CH3
Zeit ① - ②	10	15	12	15	10	16	12	16
Wartezeit	15 - 10 = 5		15 - 12 = 3		16 - 10 = 6		16 - 12 = 4	
Zeit ② - ③	8	5	6	5	8	4	6	4
Wartezeit	8 - 5 = 3		6 - 5 = 1		8 - 4 = 4		6 - 4 = 2	
Gesamte	23		21		24		22	
Gesamte Wartezeit	8		4		10		6	

FIG. 12

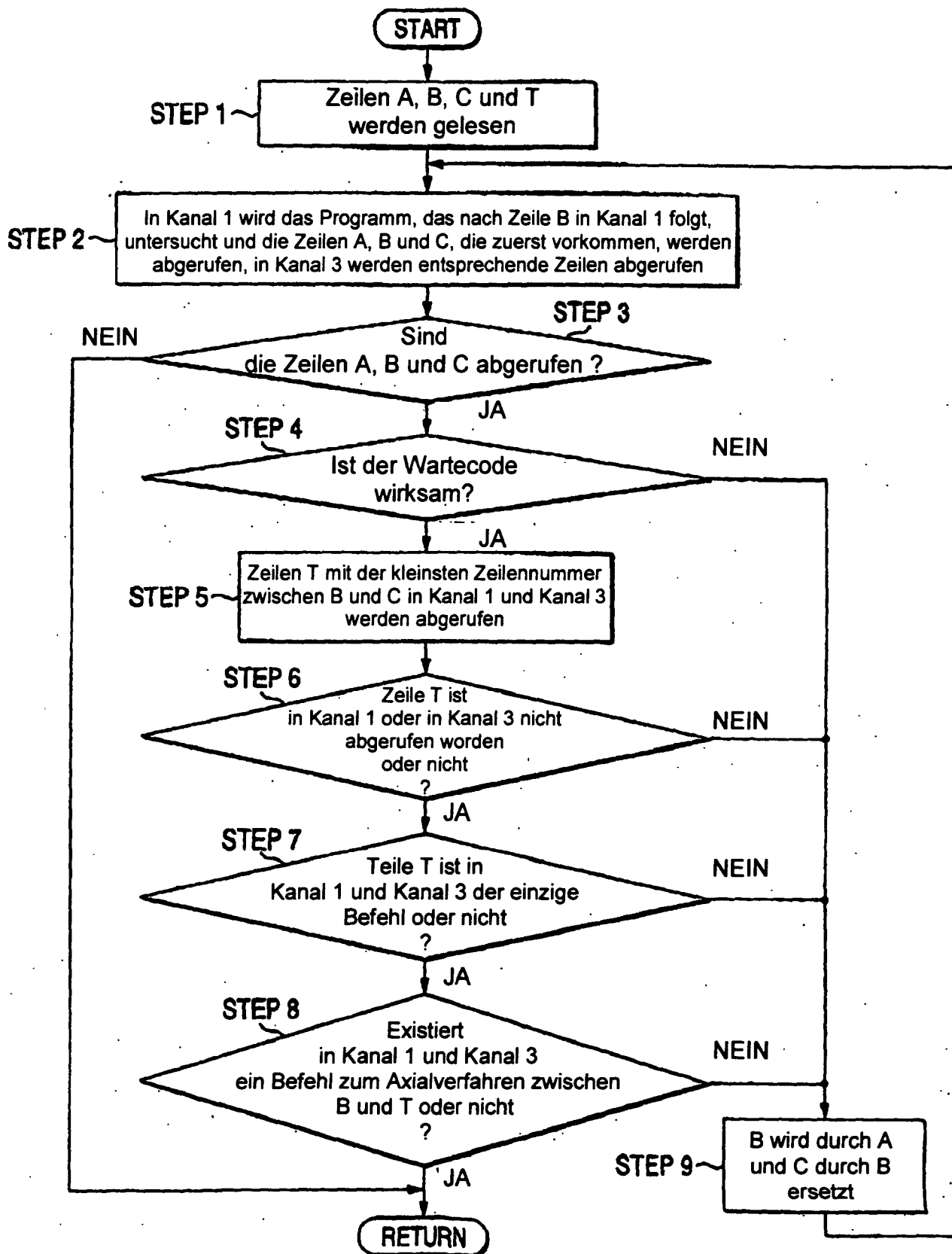


FIG. 14

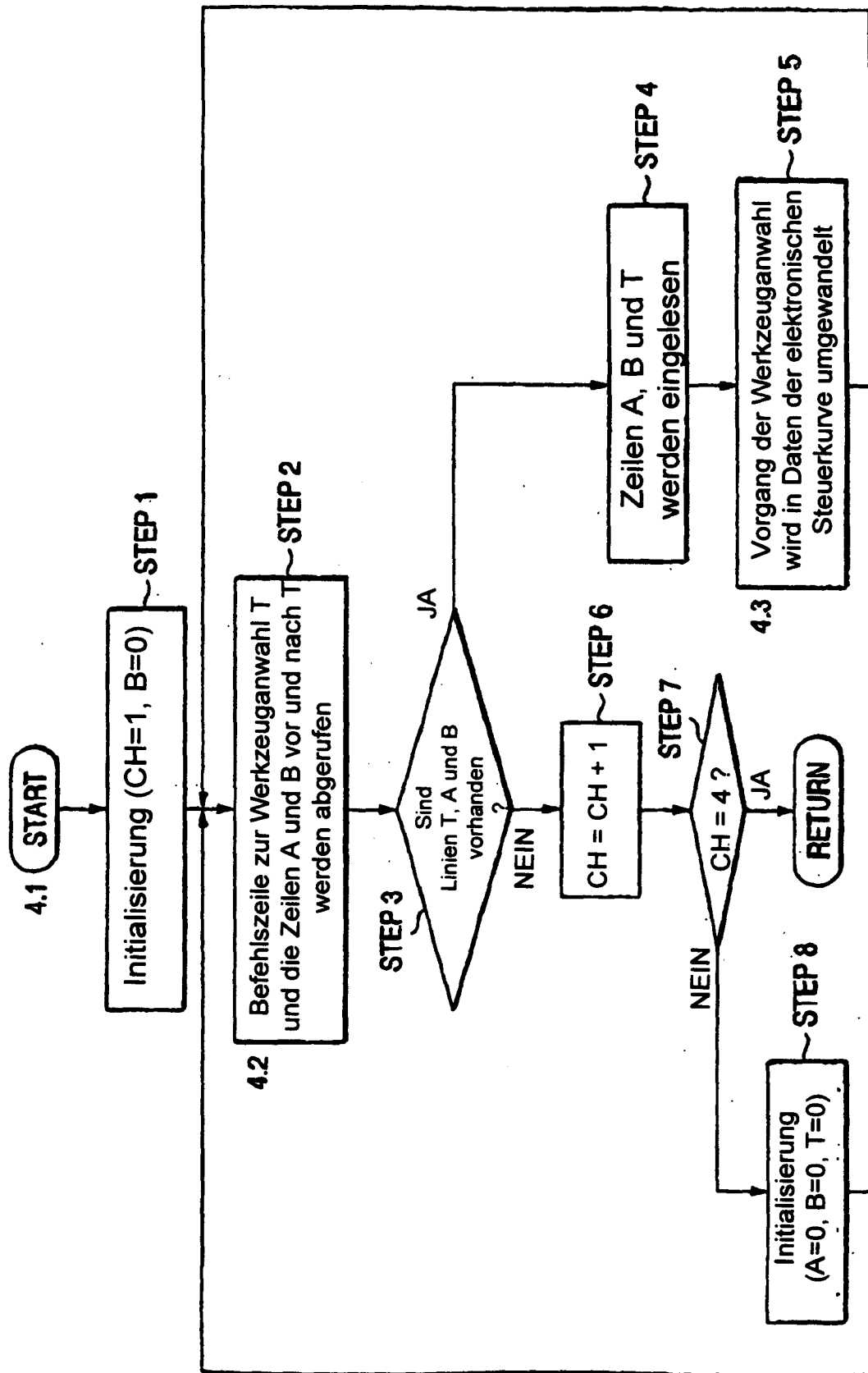


FIG. 15

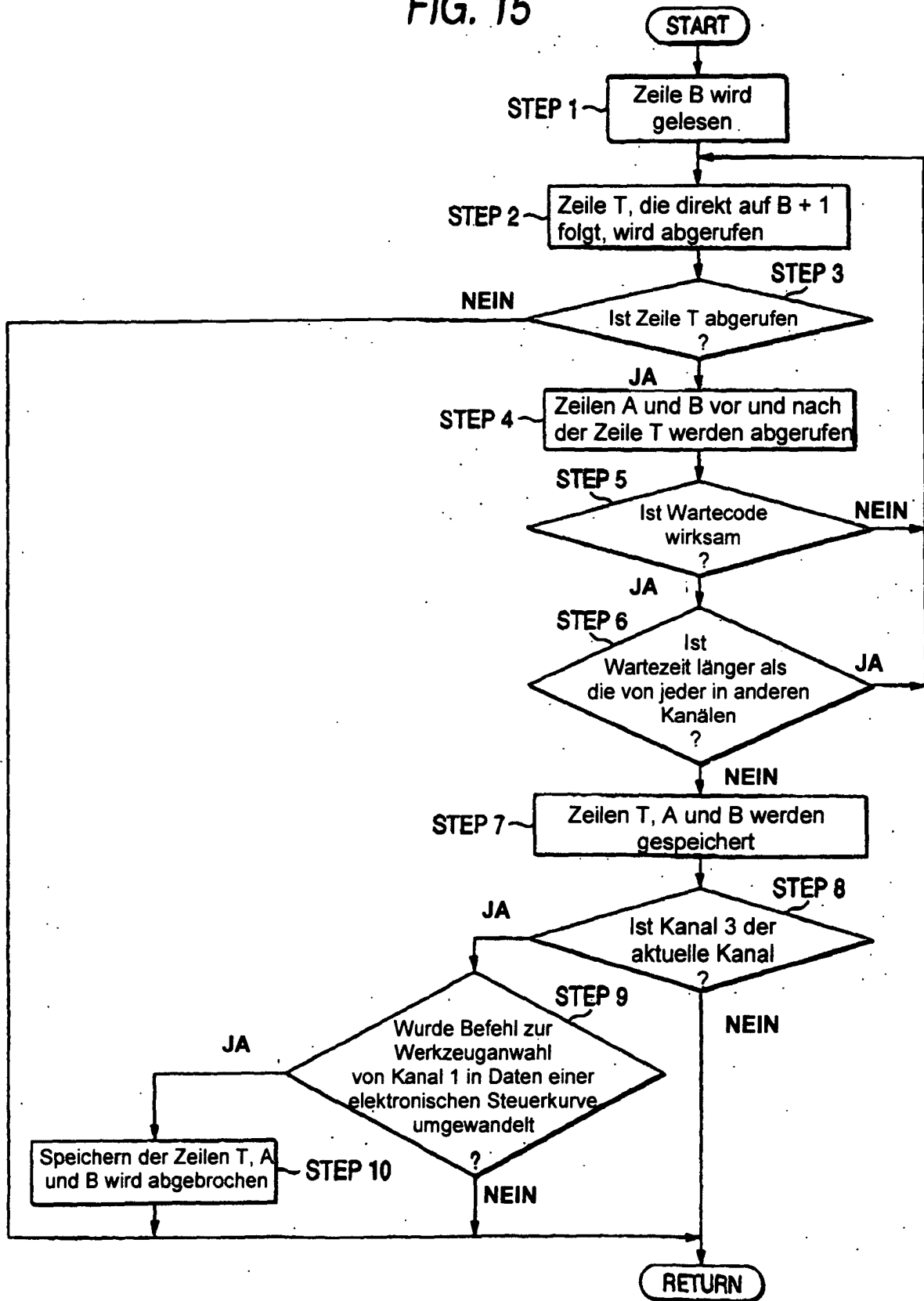


FIG. 16

