



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/113957**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 004 777.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/042857**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.11.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.06.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **06.07.2023**

(51) Int Cl.: **B23Q 17/09** (2006.01)
B23Q 23/00 (2006.01)
B23G 1/16 (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2020-194944 **25.11.2020** **JP**

(71) Anmelder:
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,
Yamanashi, JP**

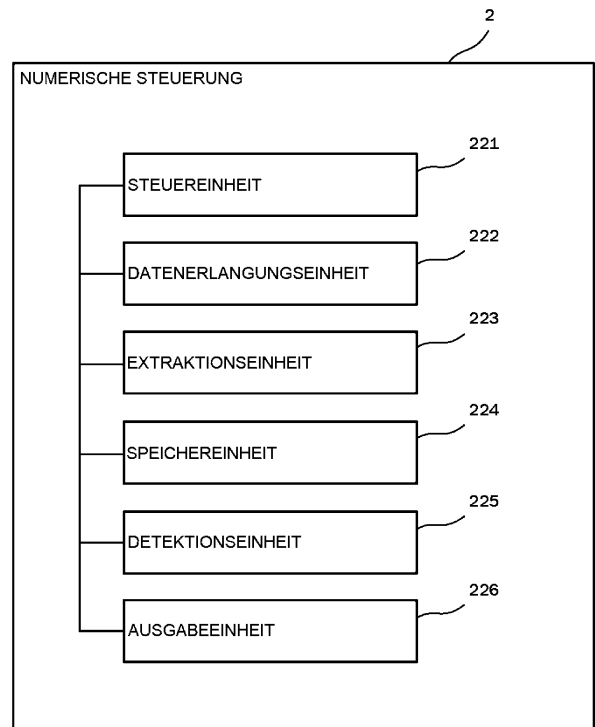
(74) Vertreter:
**HL Kempner Patentanwalt, Rechtsanwalt,
Solicitors (England & Wales), Irish Patent Agent
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:
Kubo, Mamoru, Oshino-mura, Yamanashi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **WERKZEUGBESCHÄDIGUNGSDETEKTIONSVORRICHTUNG UND COMPUTERLESBARES
SPEICHERMEDIUM**

(57) Zusammenfassung: Eine Werkzeugbeschädigungsdektionsvorrichtung weist eine Datenerlangungseinheit, die für eine Zeitspanne eines Schneidvorschubs Belastungsdaten, die eine Belastung einer Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, erlangt; eine Extraktionseinheit, die aus den Belastungsdaten auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten extrahiert, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung eines Werkzeugs verwendet werden sollen; eine Detektionseinheit, die unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs detektiert; und eine Ausgabereinheit, die Daten ausgibt, welche das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn die Detektionseinheit eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert hat, auf.



Beschreibung

Lösung des Problems

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung und ein computerlesbares Speichermedium.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Bei einer Werkzeugmaschine wird herkömmlich eine Detektion einer Werkzeugbeschädigung vorgenommen. Wenn eine Detektion einer Werkzeugbeschädigung vorgenommen wird, werden zum Beispiel für eine Zeitspanne von dem Beginn bis zum Anhalten der Drehung des Werkzeugs Zeitreihendaten, die eine auf eine Spindel ausgeübte Belastung angeben, erlangt. Dann wird ein Vergleich der erlangten Zeitreihendaten für diese Zeitspanne mit Bezugszeitreihendaten vorgenommen und eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert (siehe zum Beispiel das Patentliteraturbeispiel 1).

Literaturliste

Patentliteratur

[0003] Patentliteraturbeispiel 1: JP S52-95386 A

Kurzdarstellung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] Doch wie zum Beispiel im Fall der Vornahme eines Gewindebohrers können in den Belastungsdaten, die von dem Beginn bis zum Ende des Bearbeitungszyklus erlangt werden, Daten, die während einer starken Veränderung der Belastung aufgrund des Beschleunigungs-/Verlangsamungsdrehmoments auftreten, und Daten, die die Belastung während einer Zeit, in der kein Schneiden erfolgt, angeben, enthalten sein.

[0005] In diesem Fall geben die erlangten Belastungsdaten die Belastung, die während der Zeitspanne, in der tatsächlich eine Bearbeitung durch das Werkzeug vorgenommen wird, auf die Spindel ausgeübt wird, nicht genau an. Daher besteht bei einer Vornahme der Detektion der Beschädigung des Werkzeugs unter Verwendung derartiger Belastungsdaten die Möglichkeit, dass die Beschädigung des Werkzeugs nicht genau detektiert werden kann.

[0006] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Beschädigung eines Werkzeugs durch genaues Erfassen der Eigenschaften der Belastung, die auf eine Spindel ausgeübt wird, verlässlich zu detektieren.

[0007] Eine Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung weist eine Datenerlangungseinheit, die für eine Zeitspanne eines Schneidevorschubs Belastungsdaten, die eine Belastung einer Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, erlangt; eine Extraktionseinheit, die aus den Belastungsdaten auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten extrahiert, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung eines Werkzeugs verwendet werden sollen; eine Detektionseinheit, die unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs detektiert; und eine Ausgabeinheit, die Daten ausgibt, welche das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn die Detektionseinheit eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert hat, auf.

[0008] Ein computerlesbares Speichermedium speichert einen Befehl, der einen Computer dazu bringt, für eine Zeitspanne eines Schneidevorschubs Belastungsdaten, die eine Belastung einer Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, zu erlangen; aus den Belastungsdaten auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten zu extrahieren, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung eines Werkzeugs verwendet werden sollen; unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs zu detektieren; und Daten auszugeben, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0009] Nach der vorliegenden Erfindung kann eine Beschädigung des Werkzeugs durch genaues Erfassen der Eigenschaften der Belastung, die auf die Spindel ausgeübt wird, verlässlich detektiert werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Hardwareaufbau einer Werkzeugmaschine zeigt.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für Funktionen einer numerischen Steuerung zeigt.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch eine Datenerlangungseinheit zur Zeit eines Gewindebohrers erlangt werden.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch die Datener-

langungseinheit zur Zeit eines Fräsens erlangt werden.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch die Datenerlangungseinheit zur Zeit eines Bohrens erlangt werden.

Fig. 6 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Verarbeitungsablauf zeigt, der in einer numerischen Steuerung ausgeführt wird.

Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für einen Verarbeitungsablauf zeigt, der in der numerischen Steuerung ausgeführt wird.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0010] Nachstehend wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben werden. Es ist zu beachten, dass nicht alle Kombinationen der Merkmale, die bei den folgenden Ausführungsformen beschrieben werden, notwendigerweise erforderlich sind, um das Problem zu lösen. Ferner wird fallweise auf eine Beschreibung, die über das Nötige hinausgeht, verzichtet. Außerdem sind die folgende Beschreibung der Ausführungsformen und die Zeichnungen bereitgestellt, damit Fachleute die vorliegende Erfindung vollumfänglich verstehen, und sollen den Umfang der Ansprüche nicht beschränken.

[0011] Die Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung ist eine Vorrichtung, die während oder nach dem Betrieb einer Werkzeugmaschine eine Beschädigung eines Werkzeugs detektiert. Die Beschädigung des Werkzeugs ist zum Beispiel ein Bruch des Werkzeugs oder ein Schaden daran.

[0012] Die Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung ist zum Beispiel eine numerische Steuerung einer Werkzeugmaschine. Bei der Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung kann es sich um einen Computer wie etwa einen Verwaltungsserver, der den Betriebszustand der Werkzeugmaschine verwaltet, handeln. Nachstehend wird ein Beispiel beschrieben werden, bei dem die Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung eine numerische Steuerung ist.

[0013] **Fig. 1** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für einen Hardwareaufbau einer Werkzeugmaschine zeigt. Eine Werkzeugmaschine 1 ist zum Beispiel ein Bearbeitungszentrum, eine Multifunktionsmaschine, eine Bohrmaschine oder ein Gewindebohrzentrum. Die Werkzeugmaschine 1 weist eine numerische Steuerung 2, eine Anzeigevorrichtung 3, eine Eingabevorrichtung 4, einen Servoverstärker 5 und einen Servomotor 6, einen Spindelverstärker 7 und einen Spindelmotor 8 und eine Hilfsvorrichtung 9 auf.

[0014] Die numerische Steuerung ist eine Steuerung, die die gesamte Werkzeugmaschine 1 steuert. Die numerische Steuerung 2 weist eine CPU 201, einen Bus 202, einen ROM 203, einen RAM 204 und einen nichtflüchtigen Speicher 205 auf.

[0015] Die CPU 201 ist ein Prozessor, der die gesamte numerische Steuerung 2 gemäß einem Systemprogramm steuert. Die CPU 201 liest ein Systemprogramm oder dergleichen, das in dem ROM 203 gespeichert ist, über den Bus 202. Außerdem steuert die CPU 201 den Servomotor 6 und den Spindelmotor 8 gemäß einem Bearbeitungsprogramm.

[0016] Der Bus 202 ist ein Kommunikationspfad, der die einzelnen Hardwareelemente in der numerischen Steuerung 2 miteinander verbindet. Die einzelnen Hardwareelemente in der numerischen Steuerung 2 tauschen über den Bus 202 Daten aus.

[0017] Der ROM 203 ist eine Speichervorrichtung oder ein Speichermedium, die oder das Systemprogramme und dergleichen zum Steuern der gesamten numerischen Steuerung 2 speichert.

[0018] Der RAM 204 ist eine Speichervorrichtung, die verschiedene Daten vorübergehend speichert. Der RAM 204 wirkt als Arbeitsbereich für die Verarbeitung verschiedener Daten durch die CPU 201.

[0019] Der nichtflüchtige Speicher 205 ist eine Speichervorrichtung, die Daten auch in einem Zustand, in dem die Werkzeugmaschine 1 ausgeschaltet ist und die numerische Steuerung 2 nicht mit Strom versorgt wird, behält. Der nichtflüchtige Speicher 205 umfasst zum Beispiel ein Solid-State-Laufwerk (SSD).

[0020] Die numerische Steuerung 2 weist ferner eine erste Schnittstelle 206, eine zweite Schnittstelle 207, eine Achsensteuerschaltung 208, eine Spindelsteuerschaltung 209, eine programmierbare Logiksteuerung (PLC) 210 und eine E/A-Einheit 211 auf.

[0021] Die erste Schnittstelle 206 ist eine Schnittstelle, die den Bus 202 und die Anzeigevorrichtung 3 verbindet. Die erste Schnittstelle 206 sendet beispielsweise verschiedene Daten, die durch die CPU 201 verarbeitet wurden, an die Anzeigevorrichtung 3.

[0022] Die Anzeigevorrichtung 3 ist eine Vorrichtung, die über die erste Schnittstelle 206 verschiedene Daten erhält und die verschiedenen Daten anzeigt. Die Anzeigevorrichtung 3 ist eine Anzeige wie etwa eine Flüssigkristallanzeige (LCD).

[0023] Die zweite Schnittstelle 207 ist eine Schnittstelle, die den Bus 202 und die Eingabevorrichtung 4 verbindet. Die zweite Schnittstelle 207 sendet zum Beispiel Daten, die von der Eingabevorrichtung 4 eingegeben wurden, über den Bus 202 an die CPU 201.

[0024] Die Eingabevorrichtung 4 ist eine Vorrichtung, um verschiedene Daten einzugeben. Die Eingabevorrichtung 4 ist zum Beispiel eine Tastatur und eine Maus. Es ist zu beachten, dass die Eingabevorrichtung 4 und die Anzeigevorrichtung 3 als eine einzelne Vorrichtung wie zum Beispiel ein Touch-Panel ausgeführt sein können.

[0025] Die Achsensteuerschaltung 208 ist eine Schaltung, die den Servomotor 6 steuert. Die Achsensteuerschaltung 208 erhält einen Steuerbefehl von der CPU 201 und gibt einen Befehl zum Antreiben des Servomotors 6 an den Servoverstärker 5 aus. Die Achsensteuerschaltung 208 sendet zum Beispiel einen Drehmomentbefehl zum Steuern des Drehmoments des Servomotors 6 an den Servoverstärker 5.

[0026] Der Servoverstärker 5 erhält einen Befehl von der Achsensteuerschaltung 208 und liefert dem Servomotor 6 einen Strom.

[0027] Der Servomotor 6 wird durch den Strom, der von dem Servoverstärker 5 geliefert wird, angetrieben. Der Servomotor 6 ist zum Beispiel mit einer Kugelgewindespindel verbunden, die einen Werkzeughalter, einen Spindelkopf oder einen Tisch antreibt. Wenn der Servomotor 6 angetrieben wird, bewegt sich ein Aufbau der Werkzeugmaschine 1 wie etwa der Werkzeughalter, der Spindelkopf oder der Tisch in die X-Achsen-Richtung, die Y-Achsen-Richtung oder die Z-Achsen-Richtung.

[0028] Die Spindelsteuerschaltung 209 ist eine Schaltung, um den Spindelmotor 8 zu steuern. Die Spindelsteuerschaltung 209 erhält einen Steuerbefehl von der CPU 21 und gibt einen Befehl zum Antreiben des Spindelmotors 8 an den Spindelverstärker 7 aus. Die Spindelsteuerschaltung 209 sendet zum Beispiel einen Drehmomentbefehl zum Steuern des Drehmoments des Spindelmotors 8 an den Spindelverstärker 7.

[0029] Der Spindelverstärker 7 erhält einen Befehl von der Spindelsteuerschaltung 209 und liefert dem Spindelmotor 8 einen Strom. In den Spindelverstärker 7 ist ein Amperemeter 71 aufgenommen, das den Stromwert des Stroms, der dem Spindelmotor 8 geliefert wird, misst.

[0030] Das Amperemeter 71 misst den Stromwert des Stroms, der dem Spindelmotor 8 geliefert wird. Der durch das Amperemeter 71 gemessene Stromwert wird für die Detektion der Belastung der Spindel verwendet.

[0031] Der Spindelmotor 8 wird durch den Strom, der von dem Spindelverstärker 7 geliefert wird, angetrieben. Der Spindelmotor 8 ist mit der Spindel gekoppelt und dreht die Spindel. Der Spindelmotor

8 weist einen Geschwindigkeitsdetektor 81 auf, der die Umdrehungsgeschwindigkeit des Spindelmotors 8 misst.

[0032] Der Geschwindigkeitsdetektor 81 detektiert die Umdrehungsgeschwindigkeit des Spindelmotors 8. Die Daten, die die durch den Geschwindigkeitsdetektor 81 detektierte Umdrehungsgeschwindigkeit des Spindelmotors 8 angeben, werden für die Extraktion von Bezugsbelastungsdaten und Bewertungsdaten für die Detektion des Auftretens einer Beschädigung des Werkzeugs verwendet. Die Bezugsbelastungsdaten und die Bewertungsdaten werden später ausführlich beschrieben werden.

[0033] Die PLC 210 ist eine Vorrichtung, die ein Leiterprogramm ausführt, um die Hilfsvorrichtung 9 zu steuern. Die PLC 210 steuert die Hilfsvorrichtung 9 über die E/A-Einheit 211.

[0034] Die E/A-Einheit 211 ist eine Schnittstelle, die die PLC 210 und die Hilfsvorrichtung 210 verbindet. Die E/A-Einheit 211 sendet einen von der PLC 210 erhaltenen Befehl an die Hilfsvorrichtung 9.

[0035] Die Hilfsvorrichtung 9 ist in der Werkzeugmaschine 1 eingerichtet und führt Hilfstätigkeiten durch, wenn die Werkzeugmaschine 1 ein Werkstück bearbeitet. Die Hilfsvorrichtung 9 kann auch eine Vorrichtung sein, die in der Umgebung der Werkzeugmaschine 1 eingerichtet ist. Die Hilfsvorrichtung 9 ist zum Beispiel ein Werkzeugwechsler, eine Schneidflüssigkeitsausstoßvorrichtung oder eine Antriebsvorrichtung für eine auf- und zumachbare Tür.

[0036] Als nächstes wird ein Beispiel für die Funktionen der numerischen Steuerung 2 beschrieben werden.

[0037] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für Funktionen der numerischen Steuerung 2 zeigt. Die numerische Steuerung 2 weist eine Steuereinheit 221, eine Datenerlangungseinheit 222, eine Extraktionseinheit 223, eine Speichereinheit 224, eine Detektionseinheit 225 und eine Ausgabereinheit 226 auf.

[0038] Die Steuereinheit 221, die Datenerlangungseinheit 222, die Extraktionseinheit 223, die Detektionseinheit 225 und die Ausgabereinheit 226 werden zum Beispiel umgesetzt, indem die CPU 201 eine arithmetische Verarbeitung unter Verwendung eines Systemprogramms, das in dem ROM 203 gespeichert ist, und verschiedener Daten vornimmt. Die CPU 201 nimmt die arithmetische Verarbeitung unter Verwendung des RAM 204 als Arbeitsbereich vor. Die Speichervorrichtung 224 wird durch Speichern von Daten, die von der Eingabevorrichtung 4 oder dergleichen eingegeben wurden, oder eines Berechnungsergebnisses der arithmetischen Verar-

beitung durch die CPU 201 in dem RAM 204 oder dem nichtflüchtigen Speicher 205 umgesetzt.

[0039] Die Steuereinheit 221 steuert die einzelnen Einheiten der Werkzeugmaschine 1. Die Steuereinheit 221 liest auch das Bearbeitungsprogramm und analysiert das Bearbeitungsprogramm. Die Steuereinheit 221 führt das analysierte Bearbeitungsprogramm aus, um den Servomotor 6 und den Spindelmotor 8 zu steuern. Dadurch wird das Werkstück bearbeitet. Außerdem steuert die Steuereinheit 221 den Betrieb der Hilfsvorrichtung 9 und dergleichen.

[0040] Die Datenerlangungseinheit 222 erlangt für die Zeitspanne des Schneidevorschubs Belastungsdaten, die die Belastung der Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben.

[0041] Die Zeitspanne des Schneidevorschubs ist eine Zeitspanne, während der sich das Werkzeug durch einen Schneidevorschub bewegt. Die Zeitspanne, während der sich das Werkzeug durch einen Schneidevorschub bewegt, ist zum Beispiel eine Zeitspanne, während der sich das Werkzeug durch einen Linearinterpolationsbefehl „G01“ oder einen Kreisinterpolationsbefehl „G02“ oder „G03“, der in dem Bearbeitungsprogramm beschrieben ist, bewegt. Das heißt, die Zeitspanne des Schneidevorschubs enthält keine Zeitspanne eines schnellen Vorschubs, während der das Werkzeug durch einen schnellen Vorschub bewegt wird. Während der Zeitspanne des Schneidevorschubs gibt die numerische Steuereinheit 2 ein Schneidesignal aus. Das Schneidesignal ist zum Beispiel ein Geschwindigkeitssteuersignal für die Steuereinheit 221 zur Vornahme einer Geschwindigkeitssteuerung des Servomotors.

[0042] Die Belastungsdaten, die die Belastung der Spindel angeben, sind Zeitreihendaten, die die Belastung angeben, die in der Umdrehungsrichtung der Spindel ausgeübt wird. Die Belastungsdaten sind zum Beispiel durch einen Stromwert eines Stroms, der dem Spindelmotor 8 geliefert wird, dargestellt. Die Belastungsdaten sind zum Beispiel Zeitreihendaten von Werten, die durch das in den Spindelverstärker 7 eingebaute Amperemeter 71 gemessen werden. Außerdem können die Belastungsdaten Zeitreihendaten sein, die den Wert einer Leistung, die dem Spindelmotor 8 geliefert wird, angeben. Die Belastungsdaten werden zum Beispiel mit jeder Millisekunde [ms] erlangt.

[0043] Die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, sind Zeitreihendaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben. Die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten sind zum Beispiel Zeitreihendaten eines Werts, der durch den in dem Spindelmotor 8 bereitgestellten Geschwindigkeitsde-

tektor 81 detektiert wird. Wenn sich die Spindel vorwärts dreht, zeigen die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten einen positiven Wert. Wenn sich die Spindel rückwärts dreht, zeigen die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten einen negativen Wert. Die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten werden zum Beispiel mit jeder Millisekunde [ms] erlangt.

[0044] Beispielsweise erlangt die Datenerlangungseinheit 222 Belastungsdaten und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, wenn durch ein normales Werkzeug zuerst eine Bearbeitung eines Werkstücks vorgenommen wird und dann ein zweites und nachfolgende Werkstücke bearbeitet werden. Das „normale Werkzeug“ ist ein Werkzeug, bei dem keine Abnutzung, keine Beschädigung oder dergleichen aufgetreten ist.

[0045] Die Extraktionseinheit 223 extrahiert auf Basis der Belastungsdaten und der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die erlangt wurden, als durch das normale Werkzeug zuerst eine Bearbeitung eines Werkstücks vorgenommen wurde, Bezugsbelastungsdaten, die als Bezug für die Detektion einer Beschädigung des Werkzeugs dienen. Außerdem extrahiert die Extraktionseinheit 223 auf Basis der Belastungsdaten und der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die bei der Bearbeitung des zweiten und nachfolgender Werkstücke erlangt wurden, Bewertungsdaten, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung des Werkzeugs verwendet werden.

[0046] Als Bewertungsdaten extrahiert die Extraktionseinheit 223 Belastungsdaten während der Zeitspanne eines Schneidevorschubs, in dem sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit konstant ist. Hier genügt es, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist, und wird die Umdrehungsgeschwindigkeit auch dann als konstant angesehen, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit während des Schneidens geringfügig schwankt.

[0047] Als Bezugsbelastungsdaten und Bewertungsdaten extrahiert die Extraktionseinheit 223 zum Beispiel Belastungsdaten für eine Zeitspanne, während der sich die Spindel mit ± 10 [min⁻¹] der durch das Bearbeitungsprogramm befohlenen Umdrehungsgeschwindigkeit dreht.

[0048] Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch eine Datenerlangungseinheit 222 zur Zeit eines Gewindebohrers erlangt werden. (1) in Fig. 3 zeigt Daten, die ein Schneidesignal angeben, (2) in Fig. 3 zeigt Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, (3) in Fig. 3 zeigt Belastungsdaten, die zur Zeit der Bearbeitung des ersten Werkstücks durch das normale Werkzeug erlangt wurden, und (4) in Fig. 3 zeigt Belastungsda-

ten, die in einem Zustand, in dem der Gewindebohrer gebrochen war, erlangt wurden.

[0049] Das Gewindebohren wird durch einen Gewindebohrzyklusbefehl ausgeführt. Wenn in dem Gewindebohrzyklus das Schneidesignal ausgegeben wird, beginnt sich die Spindel zu drehen und bewegt sich das Werkzeug der Steigung des Gewindes entsprechend in die negative Z-Achsen-Richtung.

[0050] Nach dem Beginn der Drehung der Spindel steigt die Umdrehungsgeschwindigkeit rasch an, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit die Befehlsgeschwindigkeit erreicht (Abschnitt a1 bei (2) in **Fig. 3**). Das heißt, da die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel in diesem Abschnitt nicht konstant ist, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in diesem Abschnitt nicht als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Es ist zu beachten, dass sich die Belastung, die in der Umdrehungsrichtung der Spindel ausgeübt wird, während des Zeitraum, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit nach dem Beginn der Drehung der Spindel die Befehlsgeschwindigkeit erreicht, aufgrund des Beschleunigungs-/Verlangsamungsdrehmoments stark verändert.

[0051] Wenn die Spindel die Befehlsgeschwindigkeit erreicht, wird die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant (Abschnitt b1 bei (2) in **Fig. 3**). Daher extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in diesem Abschnitt als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Es ist zu beachten, dass die Belastung, die auf die Spindel ausgeübt wird, ansteigt, wenn der Gewindebohrer mit dem Werkstück in Kontakt gelangt und das Schneiden vorgenommen wird.

[0052] Wenn das Werkzeug den Grund des Lochs erreicht und die Umdrehungsrichtung der Spindel umgekehrt wird (Abschnitt c bei (2) in **Fig. 3**), nimmt die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel rasch von der Befehlsgeschwindigkeit ab. Das heißt, da die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel in diesem Abschnitt nicht konstant ist, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in diesem Abschnitt nicht als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Es ist zu beachten, dass sich die Belastung, die in der Umdrehungsrichtung der Spindel ausgeübt wird, aufgrund des Beschleunigungs-/Verlangsamungsdrehmoments stark verändert, wenn die Umdrehungsrichtung der Spindel umgekehrt wird.

[0053] Auch dann, wenn das Werkzeug an die Schneideanfangsposition zurückkehrt und die Spindel anhält (Abschnitt e1 bei (2) in **Fig. 3**), steigt die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel rasch an. Das heißt, da die Umdrehungsgeschwindigkeit der

Spindel in diesem Abschnitt nicht konstant ist, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in diesem Abschnitt nicht als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Es ist zu beachten, dass sich die Belastung, die in der Umdrehungsrichtung der Spindel ausgeübt wird, aufgrund des Beschleunigungs-/Verlangsamungsdrehmoments stark verändert, wenn das Werkzeug an die Schneideanfangsposition zurückkehrt und die Spindel anhält.

[0054] Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel weist einen negativen Wert auf, während sich die Spindel rückwärts dreht (Abschnitt d1 bei (2) in **Fig. 3**). Daher extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in diesem Abschnitt nicht als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Es ist zu beachten, dass sich das Werkzeug in einem nicht schneidenden Zustand befindet, während sich die Spindel rückwärts dreht und das Werkzeug entlang des Bearbeitungspfads an die Schneideanfangsposition zurückkehrt.

[0055] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (3) in **Fig. 3** die Belastungsdaten, die während der Zeit des Bearbeitens des ersten Werkstücks erlangt wurden. Daher sind die Daten, die aus den in (3) von **Fig. 3** gezeigten Daten extrahiert werden, die Bezugsbelastungsdaten. Die Bewertungsdaten, die ab dem Beginn der Bearbeitung des zweiten und nachfolgender Werkstücke vor dem Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs extrahiert werden, sind im Wesentlichen die gleichen Daten wie die in (3) von **Fig. 3** gezeigten Belastungsdaten.

[0056] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (4) in **Fig. 3** Belastungsdaten, die in einem Zustand, in dem der Gewindebohrer gebrochen war, extrahiert wurden. Das heißt, Daten, die aus den in (4) von **Fig. 3** gezeigten Belastungsdaten extrahiert werden, sind Bewertungsdaten, wenn eine Beschädigung des Werkzeugs auftritt.

[0057] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch die Datenerlangungseinheit 222 zur Zeit eines Fräsens erlangt werden. (1) in **Fig. 4** zeigt Daten, die ein Schneidesignal angeben, (2) in **Fig. 4** zeigt Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, (3) in **Fig. 4** zeigt Belastungsdaten, die zur Zeit der Bearbeitung des ersten Werkstücks erlangt wurden, und (4) in **Fig. 4** zeigt Belastungsdaten, die in einem Zustand, in dem das Fräswerkzeug gebrochen war, erlangt wurden.

[0058] Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, sind beim Fräsen ein Abschnitt, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit nach dem Beginn der Umdrehung der Spindel die Befehlsgeschwindigkeit erreicht (Abschnitt a2 bei (2) in **Fig. 4**), und ein Abschnitt ab dem Zustand der Drehung der Spindel mit der Befehlsgeschwindigkeit bis

zu ihrem Anhalten (Abschnitt b2 bei (2) in **Fig. 4**) nicht in der Zeitspanne des Schneidevorschubs enthalten. Außerdem dreht sich die Spindel beim Fräsen nicht rückwärts.

[0059] Das heißt, wenn das Fräsen vorgenommen wird, dreht sich die Spindel vorwärts und ist die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel in der Zeitspanne des Schneidevorschubs konstant. Daher extrahiert die Extraktionseinheit 223 die gesamte Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten.

[0060] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (3) in **Fig. 4** die Belastungsdaten zur Zeit der Bearbeitung des ersten Werkstücks. Das heißt, die Daten, die aus den in (3) von **Fig. 4** gezeigten Daten extrahiert werden, sind die Bezugsbelastungsdaten. Zudem sind die Bewertungsdaten, die von dem Beginn der Bearbeitung des zweiten und nachfolgender Werkstücke vor dem Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs extrahiert werden, im Wesentlichen die gleichen Daten wie die in (3) von **Fig. 4** gezeigten Belastungsdaten.

[0061] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (4) in **Fig. 4** Belastungsdaten, die in einem Zustand, in dem das Fräswerkzeug gebrochen war, erlangt wurden. Das heißt, Daten, die aus den in (4) von **Fig. 4** gezeigten Belastungsdaten extrahiert werden, sind Bewertungsdaten, wenn eine Beschädigung des Werkzeugs auftritt.

[0062] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die jeweiligen Daten zeigt, die durch die Datenerlangungseinheit 22 zur Zeit eines Bohrens erlangt werden. (1) in **Fig. 5** zeigt Daten, die ein Schneidesignal angeben, (2) in **Fig. 5** zeigt Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, (3) in **Fig. 5** zeigt Belastungsdaten, die zur Zeit der Bearbeitung des ersten Werkstücks erlangt wurden, und (4) in **Fig. 5** zeigt Belastungsdaten, die in einem Zustand, in dem der Bohrer gebrochen war, erlangt wurden.

[0063] Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, sind beim Bohren ein Abschnitt, bis die Umdrehungsgeschwindigkeit nach dem Beginn der Umdrehung der Spindel die Befehlsgeschwindigkeit erreicht (Abschnitt a3 bei (2) in **Fig. 5**), und ein Abschnitt ab dem Zustand der Drehung der Spindel mit der Befehlsgeschwindigkeit bis zu ihrem Anhalten (Abschnitt b3 bei (2) in **Fig. 5**) nicht in der Zeitspanne des Schneidevorschubs enthalten. Außerdem dreht sich die Spindel beim Bohren nicht rückwärts.

[0064] Das heißt, wenn das Bohren vorgenommen wird, dreht sich die Spindel während der Zeitspanne des Schneidevorschubs vorwärts und ist die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant. Daher extrahiert die Extraktionseinheit 223 die gesamte

Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten.

[0065] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (3) in **Fig. 5** die Belastungsdaten zur Zeit der Bearbeitung des ersten Werkstücks. Das heißt, die Daten, die aus den in (3) von **Fig. 5** gezeigten Daten extrahiert werden, sind die Bezugsbelastungsdaten. Zudem sind die Bewertungsdaten, die von dem Beginn der Bearbeitung des zweiten und nachfolgender Werkstücke vor dem Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs extrahiert werden, im Wesentlichen die gleichen Daten wie die in (3) von **Fig. 5** gezeigten Belastungsdaten.

[0066] Wie oben beschrieben wurde, zeigt (4) in **Fig. 5** Belastungsdaten, die in einem Zustand, in dem der Bohrer gebrochen war, erlangt wurden. Das heißt, Daten, die aus den in (4) von **Fig. 5** gezeigten Belastungsdaten extrahiert werden, sind Bewertungsdaten, wenn eine Beschädigung des Werkzeugs auftritt.

[0067] Nun wird die Beschreibung der Funktionen der numerischen Steuerung 2 in **Fig. 2** fortgesetzt werden.

[0068] Die Speichereinheit 224 speichert die Bezugsbelastungsdaten und die Bewertungsdaten, die durch die Extraktionseinheit 223 extrahiert wurden. Die Speichereinheit 224 speichert die Bezugsbelastungsdaten und die Bewertungsdaten zum Beispiel in Verbindung mit einer Zeitinformation. Die Zeitinformation ist zum Beispiel eine Information, die eine Zeit von dem Beginn der Ausführung des Bearbeitungsprogramms bis zur Erlangung der Belastungsdaten, die als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten extrahiert wurden, angibt.

[0069] Die Detektionseinheit 225 detektiert unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs. Die Detektionseinheit 225 detektiert das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs auf Basis der Bezugsbelastungsdaten und der Bewertungsdaten, die in der Speichereinheit 224 gespeichert sind. Beispielsweise detektiert die Detektionseinheit 225 das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs durch Vergleichen der Bezugsbelastungsdaten mit den Bewertungsdaten. Zum Beispiel bestimmt die Detektionseinheit 225 die Bewertungsdaten und die den Bewertungsdaten entsprechenden Bezugsbelastungsdaten auf Basis der Zeitinformation. Die Detektionseinheit 225 detektiert das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs durch Vergleichen der Bewertungsdaten mit den Bezugsbelastungsdaten, die den Bewertungsdaten entsprechen.

[0070] Wenn das Werkzeug beispielsweise beim Gewindebohren, beim Fräsen oder beim Bohren

gebrochen ist, gelangen das Werkzeug und das Werkstück während der Zeitspanne des Schneidevorschubs nicht miteinander in Kontakt. Daher ist der Wert der Bewertungsdaten kleiner als der Wert der Bezugsbelastungsdaten ((3) und (4) in **Fig. 3**, (3) und (4) in **Fig. 4** und (3) und (4) in **Fig. 5**). Somit kann die Detektionseinheit 225 das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs durch Vergleichen der Bezugsbelastungsdaten mit den Bewertungsdaten detektieren.

[0071] Die Detektionseinheit 225 detektiert das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs auf der Basis wenigstens eines aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten und wenigstens eines aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten. Zum Beispiel vergleicht die Detektionseinheit 225 den Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten mit dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten, um zu detektieren, ob das Werkzeug beschädigt ist.

[0072] Die Detektionseinheit 225 kann aus wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten wenigstens einen Schwellenwert berechnen, den berechneten wenigstens einen Schwellenwert mit wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten vergleichen und das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs detektieren. Zum Beispiel berechnet die Detektionseinheit 225 einen Wert, der 50 % des Durchschnittswerts der Bezugsbelastungsdaten entspricht, als Schwellenwert. Wenn der Durchschnittswert der Bewertungsdaten geringer als 50 % des Durchschnittswerts der Bezugsbelastungsdaten ist, detektiert die Detektionseinheit, dass das Werkzeug beschädigt ist.

[0073] Wenn durch die Detektionseinheit 225 eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde, gibt die Ausgabereinheit 226 Daten aus, die angeben, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist. Die Ausgabereinheit 226 gibt zum Beispiel Daten, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, an die Anzeigevorrichtung 3 aus. Wenn die Anzeigevorrichtung 3 die Daten, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, erhält, zeigt sie an dem Bildschirm an, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist.

[0074] Wenn die Detektionseinheit 225 Daten detektiert, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, kann die Steuereinheit 221 zum Beispiel einen Alarm ausgeben, der angibt, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist. Zudem kann die Steuereinheit 221 den Betrieb der Werkzeugmaschine 1 anhalten, wenn ein Alarm ausgegeben wurde.

[0075] Als nächstes wird ein Ablauf der Verarbeitung, die in der numerischen Steuerung 2 ausgeführt wird, beschrieben werden.

[0076] **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für den Verarbeitungsablauf zeigt, der in der numerischen Steuerung 2 ausgeführt wird.

[0077] In der numerischen Steuerung 2 erlangt zuerst die Datenerlangungseinheit 222 für die Zeitspanne des Schneidevorschubs Belastungsdaten, die die Belastung der Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben (Schritt SA1).

[0078] Als nächstes extrahiert die Extraktionseinheit 223 aus den Belastungsdaten auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung des Werkzeugs verwendet werden sollen. Dabei extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten während der Zeitspanne eines Schneidevorschubs, in der sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit konstant ist, als Bewertungsdaten (Schritt SA2).

[0079] Als nächstes detektiert die Detektionseinheit 225 unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs (Schritt SA3). Das heißt, die Detektionseinheit 225 bestimmt unter Verwendung der Bewertungsdaten, ob das Werkzeug beschädigt ist.

[0080] Wenn durch die Detektionseinheit 225 eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wird (im Fall von ja in Schritt SA3), gibt die Ausgabereinheit 226 Daten aus, die angeben, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist (Schritt SA4), und wird die Verarbeitung beendet. Beispielsweise gibt die Ausgabereinheit 226 Daten, die angeben, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist, an die Anzeigevorrichtung 3 der numerischen Steuerung 2 aus und werden diese Daten, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, an der Anzeigevorrichtung 3 angezeigt.

[0081] Wenn keine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde (im Fall von nein in Schritt SA3), kehrt der Prozess zu Schritt SA1 zurück und wird die Erlangung der Belastungsdaten und der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten fortgesetzt.

[0082] Wie oben beschrieben wurde, weist die Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung 2 die Datenerlangungseinheit 2, die für die Zeitspanne eines Schneidevorschubs die Belastungsdaten, die die Belastung der Spindel angeben, und die Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, erlangt; die Extraktionseinheit 223, die aus den Belastungsdaten

auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten die Bewertungsdaten extrahiert, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung des Werkzeugs verwendet werden sollen; die Detektionseinheit 225, die unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs detektiert; und die Ausgabeeinheit 226, die Daten ausgibt, welche das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn durch die Detektionseinheit 225 eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde, auf. Daher kann die Beschädigung des Werkzeugs durch genaues Erfassen der Eigenschaften der Belastung, die auf die Spindel ausgeübt wird, verlässlich detektiert werden.

[0083] Die Bewertungsdaten sind Belastungsdaten für eine Zeitspanne des Schneidevorschubs, in der sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist. Durch das Verwenden dieser Daten als Bewertungsdaten kann eine Beschädigung des Werkzeugs bei verschiedenen Bearbeitungen wie etwa einem Gewindebohren, einem Fräsen oder einem Bohren verlässlich detektiert werden.

[0084] Die Extraktionseinheit 223 extrahiert ferner aus den Belastungsdaten Bezugsbelastungsdaten, die als Bezug für das Detektieren einer Beschädigung des Werkzeugs dienen, und die Detektionseinheit 225 detektiert auf Basis der Bezugsbelastungsdaten und der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs. Zudem detektiert die Detektionseinheit 225 das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs auf Basis wenigstens eines aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten und wenigstens eines aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten. Daher wird die Last der Datenverarbeitung in der Detektionseinheit 225 verglichen mit dem Fall eines Vergleichs aller Zeitreihendaten verringert.

[0085] Oder die Detektionseinheit 225 berechnet aus wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten wenigstens einen Schwellenwert, vergleicht den berechneten wenigstens einen Schwellenwert mit wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten, und detektiert das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs. Folglich wird der Schwellenwert unabhängig von der Erfahrung des Arbeiters automatisch berechnet, was die Belastung für den Arbeiter verringert.

[0086] Bei der oben beschriebenen Ausführungsform werden die Bewertungsdaten auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten extrahiert. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf eine derartige Ausführungsform beschränkt, die Bewertungs-

daten können auch je nach der Art der Bearbeitung extrahiert werden.

[0087] In diesem Fall erlangt die Datenerlangungseinheit 222 Koordinatenwertdaten, die den Koordinatenwert des Schneidepunkts angeben, und bestimmt die Extraktionseinheit 223 die Art der Bearbeitung, die durch das Werkzeug vorgenommen wird, nur auf Basis der Koordinatenwertdaten oder auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeit und der Koordinatenwertdaten und extrahiert die Bewertungsdaten je nach der Art der Bearbeitung.

[0088] Die Koordinatenwertdaten, die den Koordinatenwert des Schneidepunkts angeben, sind zum Beispiel Zeitreihendaten, die den Koordinatenwert des Bewegungspfads des Werkzeugs in dem Werkzeugkoordinatensystem angeben. Der Koordinatenwert, der den Schneidepunkt angibt, wird zum Beispiel auf Basis von Werten, die durch Linearmaßstäbe (nicht dargestellt), welche jeweils in der Richtung der X-Achse, der Y-Achse und der Z-Achse angeordnet sind, detektiert werden, berechnet.

[0089] Beispielsweise detektiert die Extraktionseinheit 223 aus den Koordinatenwertdaten die Bewegungsrichtung des Werkzeugs und bestimmt die Art der Bearbeitung. Wenn sich das Werkzeug zum Beispiel während der Zeitspanne des Schneidevorschubs in der X-Achsen-Richtung oder in der Y-Achsenrichtung, aber nicht in der Z-Achsen-Richtung bewegt, bestimmt die Extraktionseinheit 223, dass die Art der Bearbeitung das Fräsen ist.

[0090] In einem Fall, in dem die Werkzeugbewegungsrichtung während der Zeitspanne des Schneidevorschubs nur die Z-Achsen-Richtung ist, bestimmt die Extraktionseinheit 223, dass die Art der Bearbeitung das Gewindebohren oder das Bohren ist.

[0091] Und wenn die Bewegungsrichtung des Werkzeugs während der Zeitspanne des Schneidevorschubs nur die Z-Achsen-Richtung ist und die Zeitspanne des Schneidevorschubs einen Abschnitt enthält, in dem die Umdrehungsgeschwindigkeit des Werkzeugs einen negativen Wert annimmt, das heißt, wenn die Zeitspanne des Schneidevorschubs einen Abschnitt enthält, in dem sich das Werkzeug rückwärts dreht, bestimmt die Extraktionseinheit 223, dass die Art der Bearbeitung das Gewindebohren ist. Wenn die Zeitspanne des Schneidevorschubs keinen Abschnitt enthält, in dem sich das Werkzeug rückwärts dreht, bestimmt die Extraktionseinheit 223, dass die Art der Bearbeitung das Bohren ist.

[0092] Alternativ kann die Extraktionseinheit 223 dann, wenn die Umdrehungen der Spindel eine Vorwärtsdrehung und eine Rückwärtsdrehung enthalten

und das Umdrehungsausmaß, wenn sich die Spindel vorwärts dreht, und das Umdrehungsausmaß, wenn sich die Spindel rückwärts dreht, als gleich bestimmt werden, bestimmen, dass die Art der Bearbeitung das Gewindebohren ist.

[0093] Wenn bestimmt wird, dass die Art der Bearbeitung das Gewindebohren ist, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten für eine Zeitspanne des Schneidevorschubs, in der sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten.

[0094] Und wenn die Extraktionseinheit 222 bestimmt, dass die Art der Bearbeitung das Fräsen oder das Bohren ist, wird die gesamte Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten extrahiert.

[0095] Als nächstes wird der Ablauf der Verarbeitung, die in der numerischen Steuerung 2 ausgeführt wird, wenn die Art der Bearbeitung bestimmt wird und die Bewertungsdaten je nach der Art der Bearbeitung extrahiert werden, beschrieben werden.

[0096] Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für den Verarbeitungsablauf zeigt, der in der numerischen Steuerung 2 ausgeführt wird.

[0097] In der numerischen Steuerung 2 erlangt zuerst die Datenerlangungseinheit 222 für die Zeitspanne des Schneidevorschubs Belastungsdaten, die die Belastung der Spindel angeben, Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, und Koordinatenwertdaten, die den Koordinatenwert des Schneidepunkts angeben (Schritt SB1).

[0098] Als nächstes bestimmt die Extraktionseinheit 223 die Art der Bearbeitung (Schritt SB2).

[0099] Wenn die Art der Bearbeitung das Gewindebohren ist (im Fall von ja in Schritt SB2), extrahiert die Extraktionseinheit 223 Bewertungsdaten für das Gewindebohren (Schritt SB3). Das heißt, die Extraktionseinheit 223 extrahiert Belastungsdaten für eine Zeitspanne des Schneidevorschubs, in der sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, als Bewertungsdaten.

[0100] Wenn die Art der Bearbeitung nicht das Gewindebohren ist (im Fall von nein in Schritt SB2), extrahiert die Extraktionseinheit 223 Bewertungsdaten für das Fräsen oder Bohren (Schritt SB4). Das heißt, die Extraktionseinheit 223 extrahiert die gesamte Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bewertungsdaten.

[0101] Als nächstes detektiert die Detektionseinheit 225 unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs (Schritt SB5). Das heißt, die Detektionseinheit 225 bestimmt unter Verwendung der Bewertungsdaten, ob das Werkzeug beschädigt ist.

[0102] Wenn durch die Detektionseinheit 225 eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wird (im Fall von ja in Schritt SB5), gibt die Ausgabeeinheit 226 Daten aus, die angeben, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist (Schritt SB6), und wird die Verarbeitung beendet. Beispielsweise gibt die Ausgabeeinheit 226 Daten, die angeben, dass eine Beschädigung des Werkzeugs aufgetreten ist, an die Anzeigevorrichtung 3 der numerischen Steuerung 2 aus und werden diese Daten, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, an der Anzeigevorrichtung 3 angezeigt.

[0103] Wenn keine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde (im Fall von nein in Schritt SB5), kehrt der Prozess zu Schritt SA1 zurück und wird die Erlangung der Belastungsdaten, der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten und der Koordinatenwertdaten fortgesetzt.

[0104] Wie oben beschrieben wurde, erlangt die Datenerlangungseinheit 222 Koordinatenwertdaten, die den Koordinatenwert des Schneidepunkts angeben, und bestimmt die Extraktionseinheit 223 auf Basis der Koordinatenwertdaten oder auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten und der Koordinatenwertdaten die Art der Bearbeitung, die durch das Werkzeug vorgenommen wird, und extrahiert die Bewertungsdaten je nach der bestimmten Art der Bearbeitung. Wenn die Art der Bearbeitung auf diese Weise bestimmt wird, ist es nicht nötig, den Befehlscode wie etwa den G-Code, der in dem Bearbeitungsprogramm beschrieben ist, zu analysieren, um die Art der Bearbeitung zu bestimmen. Daher kann die Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung leicht in einer Werkzeugmaschine 1, die nicht mit einer Funktion zur Bestimmung der Art der Bearbeitung auf Basis des Befehlscodes versehen ist und bereits bisher in einem Werk verwendet wurde, umgesetzt werden.

[0105] Zudem extrahiert die Extraktionseinheit 223 bei einer Bestimmung, dass die Art der Bearbeitung das Gewindebohren ist, Belastungsdaten für eine Zeitspanne des Schneidevorschubs, in der sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten. Dies ermöglicht, eine Beschädigung des Werkzeugs bei verschiedenen Bearbeitungen wie etwa dem Gewindebohren, dem Fräsen und dem Bohren verlässlich zu detektieren.

[0106] Und wenn eine geringe Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Werkzeug gebrochen ist, wie etwa dann, wenn die Art der Bearbeitung das Fräsen ist, kann die Beschädigung des Werkzeugs, das für das Fräsen verwendet wird, durch Bestimmen der Art der Bearbeitung aus den Detektionszielen ausgeschlossen werden. In diesem Fall ist es nicht nötig, die Bezugsbelastungsdaten oder die Bewertungsdaten zur Zeit des Fräsens in der Speichereinheit 224 zu speichern, was die Menge der Daten, die in der Speichereinheit 224 gespeichert werden, verringern kann.

[0107] Es ist zu beachten, dass die Datenerlangungseinheit 222 Koordinatenwertdaten erlangen kann, die den Koordinatenwert des Schneidepunkts angeben, und die Extraktionseinheit 223 die Bewertungsdaten, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung des Werkzeugs verwendet werden, ohne eine Bestimmung der Art der Bearbeitung nur auf Basis der Koordinatenwertdaten oder auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten und der Koordinatenwertdaten aus den Belastungsdaten extrahieren kann.

[0108] In diesem Fall detektiert die Extraktionseinheit 223 aus den Koordinatenwertdaten die Bewegungsrichtung des Werkzeugs. Wenn sich das Werkzeug zum Beispiel während der Zeitspanne des Schneidevorschubs in der X-Achsen-Richtung oder der Y-Achsen-Richtung, aber nicht in der Z-Achsen-Richtung bewegt, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die gesamte Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bewertungsdaten.

[0109] Wenn die Werkzeugbewegungsrichtung während der Zeitspanne des Schneidevorschubs die Z-Achsen-Richtung ist und die Zeitspanne des Schneidevorschubs einen Abschnitt enthält, in dem die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel ein negativer Wert ist, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die Belastungsdaten in dem Abschnitt der Zeitspanne des Schneidevorschubs, in dem sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten.

[0110] Wenn die Werkzeugbewegungsrichtung während der Zeitspanne des Schneidevorschubs die Z-Achsen-Richtung ist und die Zeitspanne des Schneidevorschubs keinen Abschnitt enthält, in dem die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel einen negativen Wert annimmt, extrahiert die Extraktionseinheit 223 die gesamte Zeitspanne des Schneidevorschubs als Bezugsbelastungsdaten oder Bewertungsdaten.

[0111] Als Ergebnis kann die Extraktionseinheit die Bewertungsdaten und die Bezugsbelastungsdaten

so wie im Fall der Bestimmung der Art der Bearbeitung extrahieren.

Bezugszeichenliste

1	Werkzeugmaschine
2	numerische Steuerung (Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung)
201	CPU
202	Bus
203	ROM
204	RAM
205	nichtflüchtiger Speicher
206	erste Schnittstelle
207	zweite Schnittstelle
208	Achsensteuerschaltung
209	Spindelsteuerschaltung
210	PLC
211	E/A-Einheit
221	Steuereinheit
222	Datenerlangungseinheit
223	Extraktionseinheit
224	Speichereinheit
225	Detektionseinheit
226	Ausgabereinheit
3	Anzeigevorrichtung
4	Eingabevorrichtung
5	Servoverstärker
6	Servomotor
7	Spindelverstärker
71	Amperemeter
8	Spindelmotor
81	Geschwindigkeitsdetektor
9	Hilfsvorrichtung

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

- JP S5295386 A [0003]

Patentansprüche

1. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung, aufweisend
eine Datenerlangungseinheit, die für eine Zeitspanne eines Schneidevorschubs Belastungsdaten, die eine Belastung einer Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, erlangt;
eine Extraktionseinheit, die aus den Belastungsdaten auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten extrahiert, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung eines Werkzeugs verwendet werden sollen;
eine Detektionseinheit, die unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs detektiert; und
eine Ausgabeeinheit, die Daten ausgibt, welche das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn die Detektionseinheit eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert hat.
2. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bewertungsdaten die Belastungsdaten in einem Abschnitt der Zeitspanne des Schneidevorschubs, in dem sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, sind.
3. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei
die Datenerlangungseinheit ferner Koordinatenwertdaten erlangt, die einen Koordinatenwert eines Schneidepunkts angeben, und
die Extraktionseinheit auf Basis der Koordinatenwertdaten oder auf Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten und der Koordinatenwertdaten eine Art der Bearbeitung, die durch das Werkzeug vorgenommen wird, bestimmt, und die Bewertungsdaten je nach der bestimmten Art der Bearbeitung extrahiert.
4. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Extraktionseinheit bei einer Bestimmung durch die Extraktionseinheit, dass die Art der Bearbeitung ein Gewindebohren ist, die Belastungsdaten in einem Abschnitt der Zeitspanne des Schneidevorschubs, in dem sich die Spindel vorwärts dreht und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel konstant ist, als Bewertungsdaten extrahiert.
5. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei
die Datenerlangungseinheit ferner Koordinatenwertdaten erlangt, die einen Koordinatenwert eines Schneidepunkts angeben, und
die Extraktionseinheit die Bewertungsdaten, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung

des Werkzeugs verwendet werden sollen, auf Basis der Koordinatenwertdaten und der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten aus den Belastungsdaten extrahiert.

6. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Extraktionseinheit aus den Belastungsdaten ferner Bezugsbelastungsdaten extrahiert, die als Bezug für die Detektion einer Beschädigung des Werkzeugs dienen, und die Detektionseinheit das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs auf Basis der Bezugsbelastungsdaten und der Bewertungsdaten detektiert.

7. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Detektionseinheit das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs auf Basis wenigstens eines aus einem Höchstwert, einem Mindestwert und einem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten und wenigstens eines aus einem Höchstwert, einem Mindestwert und einem Durchschnittswert der Bewertungsdaten detektiert.

8. Werkzeugbeschädigungsdetektionsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Detektionseinheit aus wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bezugsbelastungsdaten wenigstens einen Schwellenwert berechnet und den berechneten wenigstens einen Schwellenwert mit wenigstens einem aus dem Höchstwert, dem Mindestwert und dem Durchschnittswert der Bewertungsdaten vergleicht, um das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs zu detektieren.

9. Computerlesbares Speichermedium, das einen Befehl speichert, der einen Computer dazu bringt,
für eine Zeitspanne eines Schneidevorschubs Belastungsdaten, die eine Belastung einer Spindel angeben, und Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten, die eine Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel angeben, zu erlangen;
aus den Belastungsdaten auf der Basis der Umdrehungsgeschwindigkeitsdaten Bewertungsdaten zu extrahieren, die für die Bewertung des Auftretens einer Beschädigung eines Werkzeugs verwendet werden sollen;
unter Verwendung der Bewertungsdaten das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs zu detektieren; und
Daten auszugeben, die das Auftreten einer Beschädigung des Werkzeugs angeben, wenn eine Beschädigung des Werkzeugs detektiert wurde.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

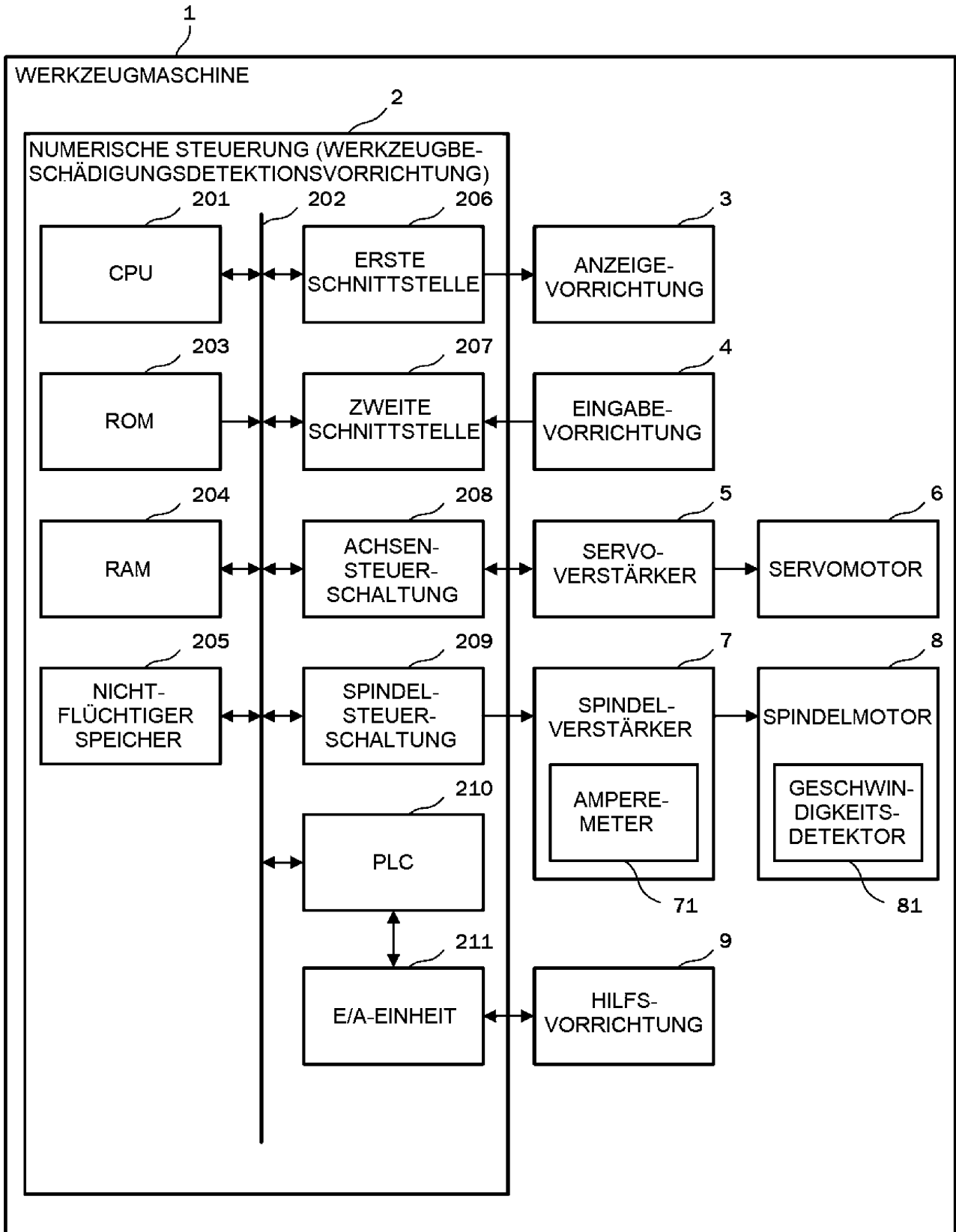


FIG. 2

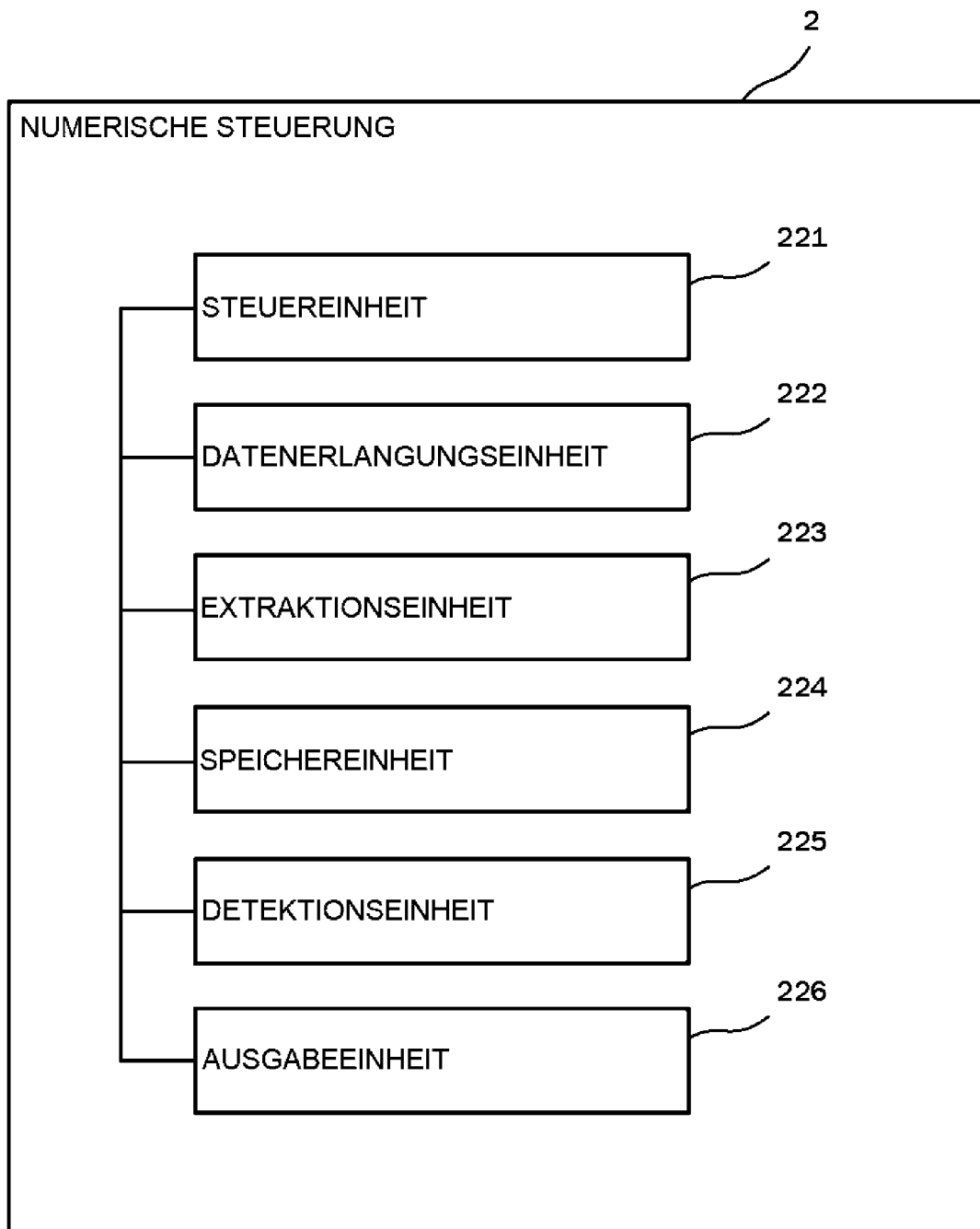


FIG. 3

(1)
SCHNEIDESIGNAL

(2)
UMDREHUNGSGESCHWINDIGKEITSDATEN

(3)
BELASTUNGSDATEN

(4)
BELASTUNGSDATEN

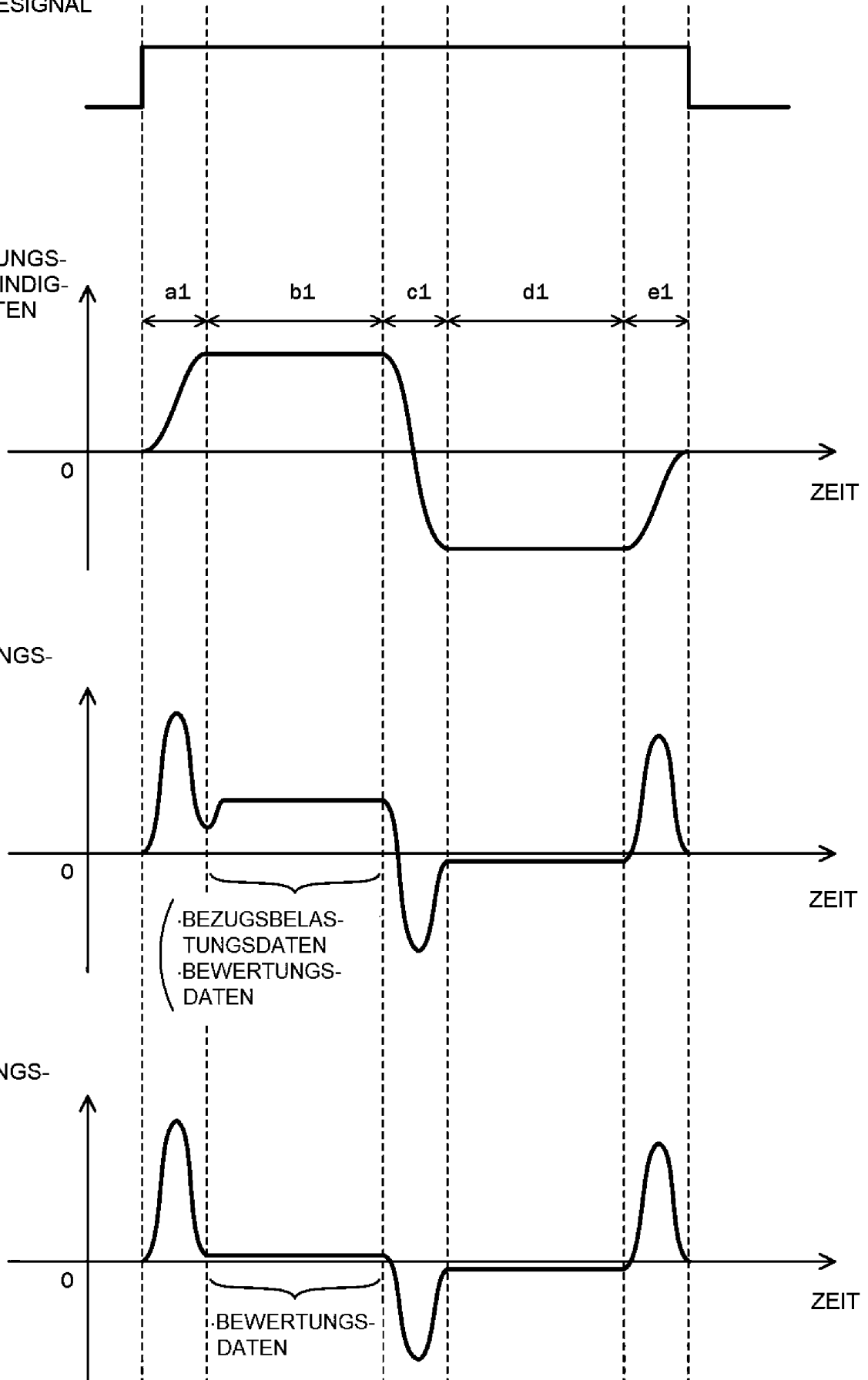
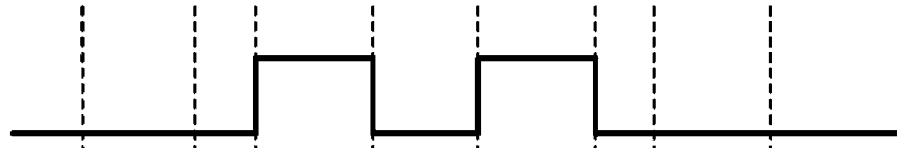
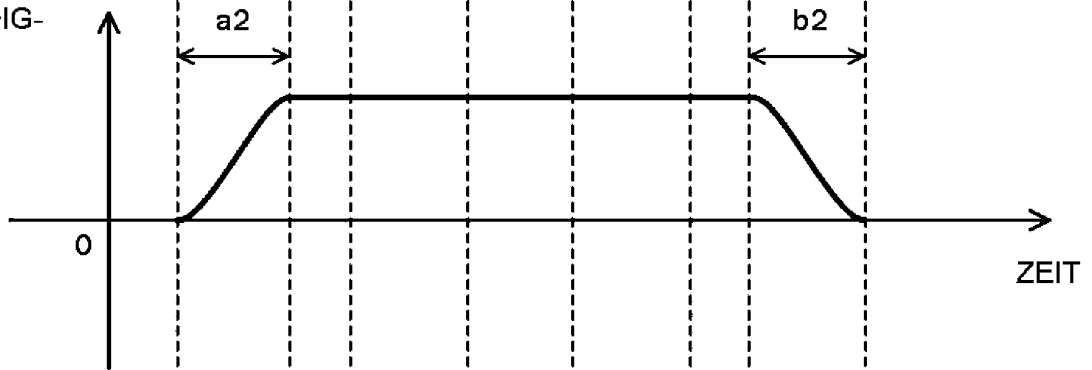


FIG. 4

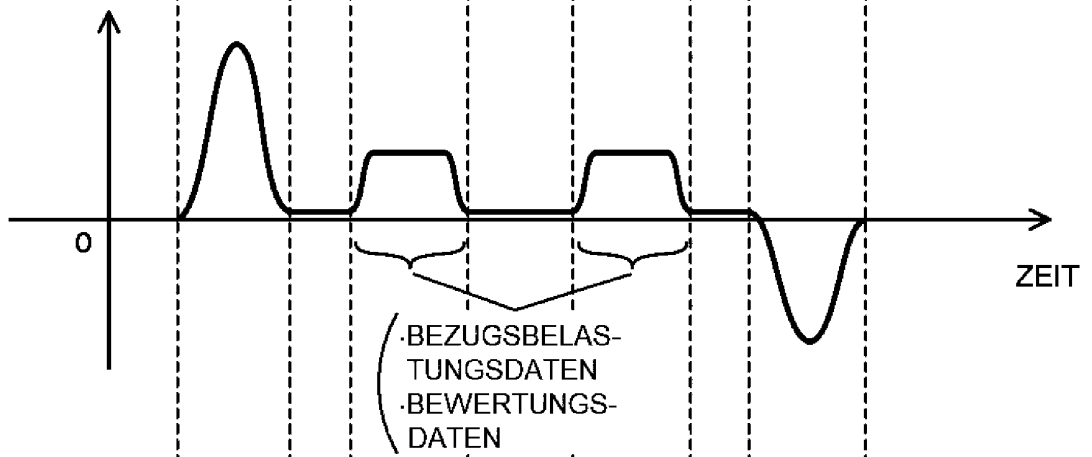
(1)
SCHNEIDESIGNAL



(2)
UMDREHUNGSGESCHWINDIGKEITSDATEN



(3)
BELASTUNGSDATEN



(4)
BELASTUNGSDATEN

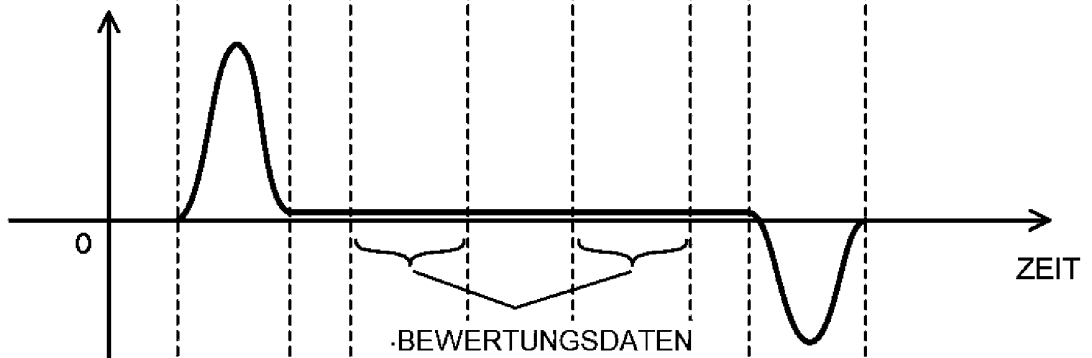


FIG. 5

(1)
SCHNEIDESIGNAL

(2)
UMDREHUNGSGESCHWINDIGKEITSDATEN

(3)
BELASTUNGSDATEN

(4)
BELASTUNGSDATEN

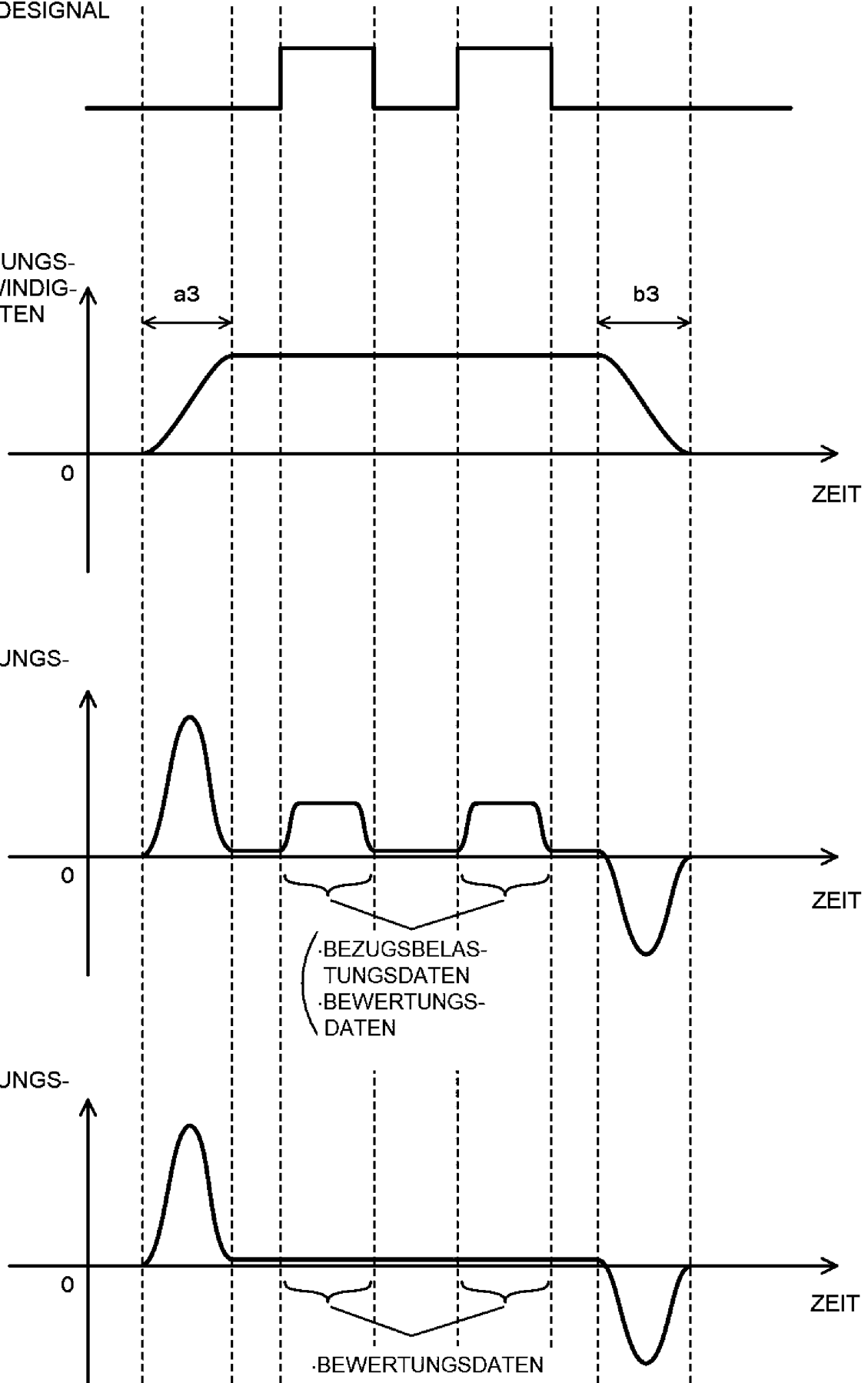


FIG. 6

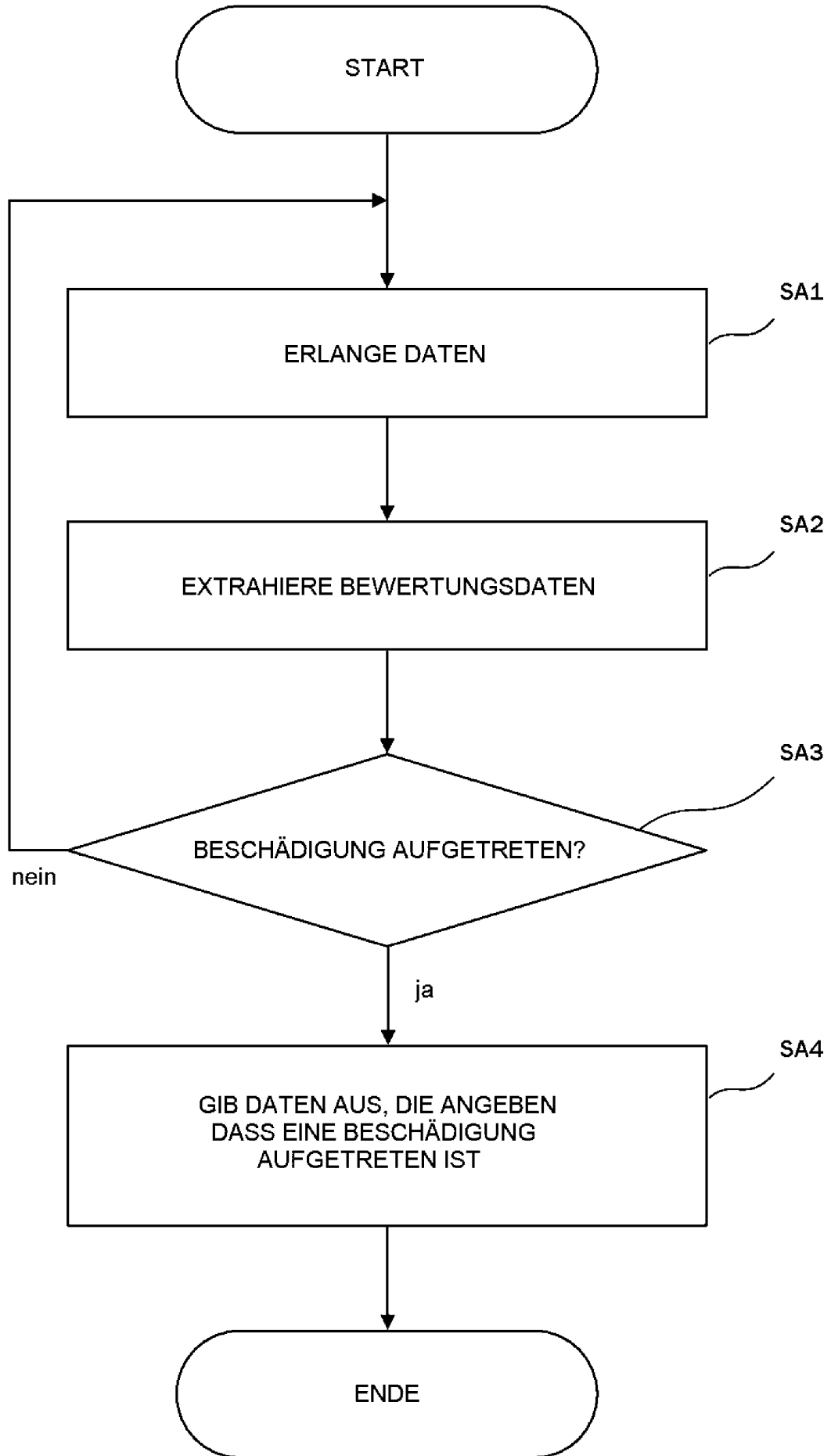


FIG. 7

