



(10) **DE 10 2020 110 221 A1** 2020.10.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 110 221.6**  
 (22) Anmeldetag: **14.04.2020**  
 (43) Offenlegungstag: **29.10.2020**

(51) Int Cl.: **B23Q 17/09 (2006.01)**  
**G01M 13/045 (2019.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2019-084214**      **25.04.2019**    **JP**

(72) Erfinder:  
**Otsu, Kenji, Tokyo, JP; Fujiyama, Yasuhiro, Tokyo, JP; Hasegawa, Hiroaki, Tokyo, JP; Matsui, Ryohei, Tokyo, JP; Takezaki, Taiichi, Tokyo, JP; Machida, Shuntaro, Tokyo, JP**

(71) Anmelder:  
**Hitachi, Ltd., Tokyo, JP**

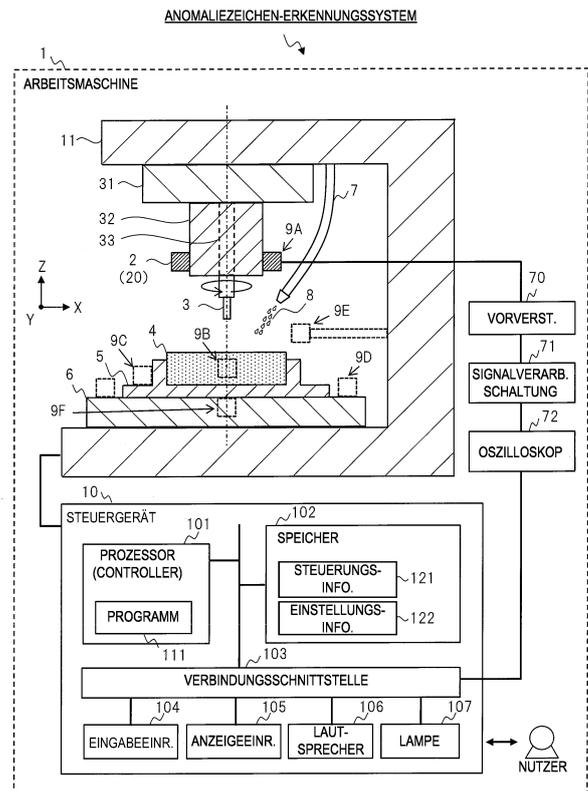
(74) Vertreter:  
**Strehl Schübel-Hopf & Partner mbB**  
**Patentanwälte European Patent Attorneys, 80538 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Anomaliezeichenerkennungssystem und Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Ein Anomaliezeichen-Erkennungssystem ist ein System, das ein Anomaliezeichen bei einer Arbeitsmaschine, die ein rotierendes Werkzeug aufweist, erkennt. Das System enthält: einen AE-Sensor, der auf der Arbeitsmaschine oder einem Werkstück installiert ist; eine Signalverarbeitungsschaltung, die ein AE-Signal von dem AE-Sensor erhält; eine AE-Ereignis-Erkennungsschaltung, die aus dem AE-Signal ein AE-Ereignis erkennt; eine AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung, die das AE-Ereignis verwendet, um eine AE-Ereignisrate, die die Anzahl von AE-Ereignissen pro Zeiteinheit darstellt, zu berechnen; eine Bestimmungsschaltung, die bestimmt, ob sich eine Vielzahl der AE-Ereignisraten, die in einer Zeitreihe angeordnet sind, in einem ersten Zustand befindet, in dem die Vielzahl von AE-Ereignisraten innerhalb eines ersten Bereichs für eine erste Anzahl aufeinanderfolgender Male oder mehr aufeinanderfolgend erscheinen, und, wenn sich die Vielzahl von AE-Ereignisraten in dem ersten Zustand befindet, den ersten Zustand als das Anomaliezeichen erkennt; und eine Ausgabesteuerungsschaltung, die, wenn das Anomaliezeichen erkannt wird, eine Ausgabesteuerung durchführt, wobei die Ausgabesteuerung eine Warnungsausgabe, die das Anomaliezeichen anzeigt, oder eine Stoppsteuerung des Bearbeitungsvorgangs enthält.



**Beschreibung**

## QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der am 25. April 2019 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2019-084214, deren Inhalt hiermit durch Verweis in diese Anmeldung aufgenommen wird.

## TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Technik zum Erkennen eines Anomaliezeichens zum Beispiel in einem Werkzeug oder ähnlichem einer Arbeitsmaschine unter Verwendung von Informationsverarbeitungstechnologie.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0003]** Eine Maschine, die einen rotierenden Mechanismus aufweist, einschließlich einer Arbeitsmaschine, die ein rotierendes Werkzeug wie beispielsweise einen Bohrer aufweist, verwendet einen Rotationsantrieb des Werkzeugs, um eine Bearbeitung wie beispielsweise Schneiden und Schleifen an einem Werkstück (mit anderen Worten, einem Ziel, einem zu bearbeitenden Material oder ähnlichem) durchzuführen. Beim Bearbeiten kann ein Fall auftreten, in dem eine Anomalie wie beispielsweise eine Beschädigung des Werkzeugs, des Werkstücks oder dergleichen auftritt. Es ist vorzuziehen, dass die Arbeitsmaschine oder ein Informationsverarbeitungssystem, das die Arbeitsmaschine enthält, in der Lage ist, die Anomalie im Voraus als Anomaliezeichen zu erkennen.

**[0004]** Ein Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß einem Beispiel des Standes der Technik enthält eine Technik, die einen Parameterwert wie beispielsweise die Spannung eines AE-(akustische Emission)-Signals unter Einsatz eines AE-Sensors verwendet, um festzustellen, ob eine Anomalie oder ein Anomaliezeichen vorliegt. Es ist ein typisches Verfahren bekannt, bei dem, wenn der Parameterwert als Reaktion auf ein Phänomen, bei dem der Parameterwert des Signals zur Zeit einer Anomalie exponentiell erhöht ist, einen Schwellenwert übersteigt, festgestellt wird, dass eine Anomalie oder dergleichen vorliegt.

**[0005]** Das Beispiel gemäß dem Stand der Technik, das der oben beschriebenen Erkennung von Anomaliezeichen entspricht, ist in der Internationalen Veröffentlichung Nr. WO2009/096551 (Patentdokument 1) veröffentlicht. Das Patentdokument 1 beschreibt, dass ein Lagerdiagnosesystem einen an einem Lager befestigten Sensor und ein mit dem Sensor verbundenes Überwachungs- und Diagnosegerät aufweist. Patentdokument 1 beschreibt ferner, dass das Diagnosesystem eine Umdrehungszeit einer durch das

Lager gestützten Drehwelle oder eine intermittierende Betriebszeit einer Umdrehung bei einem intermittierenden Betrieb gleichmäßig in mehrere Abschnitte unterteilt, einen Anomalieermittlungs-Referenzpegel und Messdaten eines jeden Abschnitts vergleicht und bestimmt für jeden Abschnitt, ob eine Anomalie vorliegt.

## ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

**[0006]** Bei dem Bestimmungsverfahren für das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß dem Beispiel des Standes der Technik wird für eine Amplitude eines AE-Signals ein Schwellenwert festgelegt, und wenn die Amplitude den Schwellenwert übersteigt, wird festgestellt, dass eine Anomalie oder ein Anomaliezeichen vorliegt. Ein derartiges Verfahren erfordert, dass die Amplitude des AE-Signals groß ist, und wenn zum Beispiel bei einer Bearbeitung mit geringer Last nur ein kleines Signal erzeugt wird, wäre es schwierig, die Erkennung durchzuführen. Selbst wenn die Erkennung möglich wäre, wäre es in diesem Fall zum Zeitpunkt der Erkennung oft zu spät, und es wäre schwierig, zu verhindern, dass eine Anomalie wie beispielsweise eine Beschädigung des Werkzeugs, auftritt. Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Technik bereitzustellen, die in der Lage ist, das Anomaliezeichen bei einer Arbeitsmaschine mit hoher Empfindlichkeit zu erkennen.

**[0007]** Eine repräsentative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besitzt die folgende Konfiguration. Ein Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß einer Ausführungsform besteht in einem Anomaliezeichen-Erkennungssystem, das ein Anomaliezeichen bei einer Arbeitsmaschine mit einem rotierenden Werkzeug erkennt. Das System weist auf: einen an der Arbeitsmaschine oder einem Werkstück installierten AE-Sensor; eine Signalverarbeitungsschaltung, die ein AE-Signal vom AE-Sensor erhält; eine AE-Ereignis-Erfassungsschaltung, die ein AE-Ereignis aus dem AE-Signal erfasst; eine AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung, die das AE-Ereignis verwendet, um eine AE-Ereignisrate, die die Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit ist, zu berechnen; eine Bestimmungsschaltung, die bestimmt, ob sich eine Vielzahl der in einer Zeitreihe angeordneten AE-Ereignisraten in einem ersten Zustand befindet, in dem die Vielzahl von AE-Ereignisraten innerhalb eines ersten Bereichs aufeinanderfolgend für eine erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Malen oder mehr auftreten, und, wenn sich die Vielzahl von AE-Ereignisraten in dem ersten Zustand befindet, den ersten Zustand als das Anomaliezeichen ermittelt; und eine Ausgabesteuerungsschaltung, die eine Ausgabesteuerung durchführt, wenn das Anomaliezeichen ermittelt wird, wobei die Ausgabesteuerung eine das Anomaliezeichen anzeigende Warnungsausgabe oder eine Bearbeitungsbetriebsstoppsteuerung enthält.

**[0008]** Gemäß der repräsentativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Anomaliezeichen bei der Arbeitsmaschine mit hoher Empfindlichkeit erkannt werden.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist eine Zeichnung, die eine Konfiguration eines Anomaliezeichen-Erkennungssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**Fig. 2** ist eine Zeichnung, die Konfigurationsbeispiele eines Werkzeugs, eines Werkstücks, eines Tisches, eines AE-Sensors und dergleichen bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 3** ist eine Zeichnung, die ein Konfigurationsbeispiel zeigt, bei dem der AE-Sensor bei der vorliegenden Ausführungsform auf dem Werkstück installiert ist;

**Fig. 4** ist eine Zeichnung, die ein Konfigurationsbeispiel des AE-Sensors bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 5** ist eine Zeichnung, die einen Ausbreitungspfad eines AE-Signals bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 6** ist eine Zeichnung, die ein Konfigurationsbeispiel einer AE-Signal-Erkennungsschaltung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 7** ist eine Zeichnung, die den Verarbeitungsaufbau einer Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 8** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel einer AE-Welle bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 9** ist eine Zeichnung, die ein weiteres Beispiel einer AE-Welle bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 10** ist eine Zeichnung, die ein erstes Verfahren einer AE-Ereignis-Erkennung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 11** ist eine Zeichnung, die ein zweites Verfahren einer AE-Ereignis-Erkennung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 12** ist eine Zeichnung, die eine AE-Ereignisratenberechnung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 13** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel der AE-Welle entsprechend einer Zustandsänderung des Werkzeugs bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 14** ist eine Zeichnung, die ein erstes Beispiel der AE-Welle und der AE-Ereignisrate bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 15** ist eine Zeichnung, die ein zweites Beispiel der AE-Welle und der AE-Ereignisrate bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 16** ist eine Zeichnung, die ein drittes Beispiel der AE-Welle und der AE-Ereignisrate bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 17** ist eine Zeichnung, die ein erstes Beispiel für eine Anomaliezeichen-Bestimmung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 18** ist eine Zeichnung, die ein zweites Beispiel für die Anomaliezeichen-Bestimmung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 19** ist eine Zeichnung, die ein drittes Beispiel für die Anomaliezeichen-Bestimmung bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 20** ist eine Zeichnung, die ein Übergangsbeispiel und dergleichen der AE-Amplitude und der AE-Ereignisrate über einen langen Zeitraum bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 21** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel der AE-Welle bei Bearbeitungs- und Nicht-Bearbeitungszeiten bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt;

**Fig. 22** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel eines GUI-Bildschirms bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt; und

**Fig. 23** ist eine Zeichnung, die ein Beispiel für den Zustand einer Schneide des Werkzeugs bei der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

#### BESCHREIBUNGEN DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0009]** Im Folgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben. In allen Zeichnungen, die verwendet werden, um die Ausführungsformen zu beschreiben, sind im Allgemeinen gleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und redundante Beschreibungen davon werden gegebenenfalls weggelassen.

[Vergleichsbeispiel]

**[0010]** Als Vergleichsbeispiel in Bezug auf die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden bei einem Anomaliezeichen-Erkennungsverfahren gemäß einem Beispiel des Standes der Technik ein vor-eingestellter Schwellenwert und ein Parameterwert, der eine Signalspannung oder einen Signalstrom von einem Sensor wie zum Beispiel einem AE-Sensor enthält, verglichen, um zu bestimmen, ob eine Anomalie oder ein Anomaliezeichen vorliegt. Wenn zum Beispiel eine Spitzenamplitude den Schwellenwert übersteigt, wird festgestellt, dass eine Anomalie vorliegt. Im Fall einer Hochlastbearbeitung werden gro-

ße Werte der Spannung und des Stroms erhalten, wobei aus diesen Werten eine Bestimmung durchgeführt werden kann. Beispiele für die Hochlastbearbeitung sind die Grobzerspanung und Vorschlichten. Allerdings sind die erhaltenen Spannungs- und Stromwerte im Fall von Schwachlastbearbeitung klein, wobei die Bestimmung aus diesen Werten schwierig wäre und eine Erkennung mit hoher Empfindlichkeit nicht erreicht werden kann. Im Fall von Schwachlastbearbeitung wird ein Bearbeitungszustand nicht leicht zum Beispiel an einem Strom der Hauptwelle widergespiegelt, wobei eine Bestimmung durch Verwenden des Stroms schwierig wäre. Außerdem ist im Fall von Schwachlastbearbeitung eine Änderung des Signals, bevor eine Anomalie auftritt, oftmals gering. Darüber hinaus kann es möglich sein, die Anomalie oder das Anomaliezeichen aus den Strom- und Spannungswerten durch Verwenden teurer Messausrüstung zu erkennen. Allerdings wäre das Einführen teurer Messgeräte in der Anlage wäre schwierig. Weiterhin ist in diesem Fall ein Verfahren, das typischerweise verwendet wird, ein Verfahren, bei dem, wenn der Parameterwert ansteigt, ein Zeitpunkt, zu dem der Parameterwert den Schwellenwert übersteigt, als Anomalie bestimmt wird, wobei eine Werkzeuganomalie nur zu einem Zeitpunkt unmittelbar, bevor die Anomalie auftritt, erkannt werden kann. Diese späte Erkennung führt oft zu einer Anomalie wie zum Beispiel einem Bruch des Werkzeugs. Es ist nämlich schwierig, das Anomaliezeichen zu erkennen, bevor die Werkzeuganomalie auftritt, und die Werkzeuganomalie zu verhindern.

(Ausführungsform)

**[0011]** Nachfolgend werden ein Anomaliezeichen-Erkennungssystem und -verfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 23** beschrieben. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein System, das das Anomaliezeichen in Bezug auf ein Werkzeug oder dergleichen einer Arbeitsmaschine erkennt. Ein AE-Sensor o.ä., der ein für die Erkennung notwendiges Element darstellt, ist an der Arbeitsmaschine installiert. Man beachte, dass ein Teil einer Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion in der Arbeitsmaschine vorhanden sein kann oder nicht. Das Anomaliezeichen-Erkennungsverfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Verfahren mit Schritten, die in dem Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt werden.

**[0012]** Wenn die Bearbeitung eines Werkstücks durch eine Arbeitsmaschine durchgeführt wird, verwendet das Anomaliezeichen-Erkennungssystem den AE-Sensor, um eine Überwachung durchzuführen, um das mit einer Anomalie eines Werkzeugs oder ähnlichem verbundene Anomaliezeichen zu er-

kennen. Im Fall einer Schwachlastbearbeitung kann der AE-Sensor auch ein kleines Signal erkennen. Im Fall einer Schwachlastbearbeitung, selbst wenn nur ein kleines Signal erhalten werden kann, verwendet das Anomaliezeichen-Erkennungssystem das Signal von dem AE-Sensor, um die Bestimmung mit einem vorgegebenen Verfahren durchzuführen, so dass das Anomaliezeichen mit hoher Genauigkeit erkannt wird. Das vorgegebene Verfahren ist ein Verfahren, das eine AE-Ereignisrate verwendet, um die Bestimmung durchzuführen. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem bestimmt aus einem Zustand der AE-Ereignisrate in einer Zeitreihe, ob das Anomaliezeichen vorliegt. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem bestimmt, dass das Anomaliezeichen vorliegt, wenn ein Wert der AE-Ereignisrate innerhalb eines vorgegebenen Bereichs nacheinander erscheint. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem führt eine Ausgabesteuerung durch, wenn das Anomaliezeichen erkannt wird. Die Ausgabesteuerung enthält eine Alarmausgabe oder eine Betriebsstoppsteuerung. Auf diese Weise ist es möglich, Maßnahmen wie zum Beispiel das Anhalten des Betriebs, bevor eine Anomalie wie zum Beispiel ein Werkzeugbruch auftritt, das heißt, bevor ein Ausmaß der Anomalie zunimmt, zu ergreifen.

[Anomaliezeichen-Erkennungssystem]

**[0013]** **Fig. 1** zeigt eine Konfiguration des Anomaliezeichen-Erkennungssystems gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem besteht hauptsächlich aus einer Arbeitsmaschine **1**. Die Arbeitsmaschine **1** enthält ein Gehäuse **11**, ein Steuergerät **10**, einen Vorverstärker **70**, eine Signalverarbeitungsschaltung **71**, ein Oszilloskop **72** und dergleichen. Ein Nutzer bedient die Arbeitsmaschine **1**. Der Nutzer kann ein Bediener sein, der einen Bearbeitungsvorgang ausführt, oder ein Manager oder dergleichen, der überwacht, ob eine Anomalie vorliegt.

**[0014]** Das Steuergerät **10** ist ein Gerät, das die Hauptsteuerungen einschließlich einer Bearbeitungssteuerung der Arbeitsmaschine **1** durchführt und das mit einer Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion versehen ist. Man beachte, dass ein Steuergerät, das separat von der Arbeitsmaschine **1** angeschlossen ist, vorhanden sein kann und dass Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion auf dem Steuergerät installiert sein kann. Ein von dem Steuergerät **10** verschiedener Hauptteil der Arbeitsmaschine **1** weist das Gehäuse **11**, eine Hauptwellenstufe **31**, eine Hauptwelle **32**, ein Werkzeug **3**, einen AE-Sensor **2** (AE-Sensoreinheit **20**), einen Tisch **6**, einen Schraubstock **5**, ein Flüssigkeitszufuhrrohr **7** und ähnliches auf. Jeder Teil der Hauptwellenstufe **31**, des Tisches **6** und dergleichen ist mit dem Gehäuse **11** verbunden. Die Hauptwellenstufe **31** treibt eine Bewegung der Hauptwelle **32** an. Die Hauptwelle

**32** enthält einen Halter, der das Werkzeug **3** hält. Die Hauptwelle **32** treibt eine Drehung des Werkzeugs **3** an. Die Hauptwelle **32** enthält eine Drehwelle **33**, die mit dem Werkzeug **3** verbunden ist.

**[0015]** Der Tisch **6** verfügt über einen Mechanismus, der, wie in den Zeichnungen gezeigt, dazu in der Lage ist, sich in den jeweiligen Richtungen von drei orthogonalen Achsen (X, Y, Z) zu bewegen und zu drehen. Der Tisch **6** ist mit dem Schraubstock **5** versehen. Der Schraubstock **5** fixiert ein Werkstück **4**. Das Werkstück **4** ist ein Ziel oder ein zu bearbeitendes Material, an dem die Bearbeitung wie zum Beispiel das Schneiden mit dem Werkzeug **3** durchgeführt wird.

**[0016]** Das Flüssigkeitszufuhrrohr **7** führt Schneidfluid **8** als Bearbeitungsfluid an eine Stelle, an der die Bearbeitung wie zum Beispiel das Schneiden mit dem Werkzeug **3** an dem Werkstück **4** durchgeführt wird. Man beachten, dass das Flüssigkeitszufuhrrohr **7** auf der Hauptwelle **32** vorgesehen sein kann.

**[0017]** Der AE-Sensor **2** erkennt eine AE-Welle, die erzeugt wird, wenn eine Bearbeitung erfolgt. Der AE-Sensor **2** ist an einer beliebigen Stelle der Arbeitsmaschine **1** installiert. Diese Stelle ist dort, wo sich die AE-Welle von dem Werkzeug **3** oder dergleichen ausbreitet, aber sie ist nicht speziell darauf beschränkt, und es ist vorzuziehen, eine Position zu wählen, an der die AE-Welle leicht detektiert werden kann. Bei dem Installationsbeispiel **9A** von **Fig. 1** ist der AE-Sensor **2** so installiert, dass er an der Hauptwelle **32** befestigt ist. Bei dem vorliegenden Beispiel sind zwei AE-Sensoren **2** an der Hauptwelle **32** befestigt. Der AE-Sensor **2** kann in einer Form der AE-Sensoreinheit **20** installiert werden, wie bei dem Beispiel, das in der unten beschriebenen **Fig. 3** gezeigt ist.

**[0018]** **Fig. 1** zeigt auch ein weiteres Installationsbeispiel des AE-Sensors **2**. Das Installationsbeispiel **9B** ist ein Beispiel, bei dem der AE-Sensor **2** auf dem Werkstück **4** installiert ist. Das Installationsbeispiel **9C** ist ein Beispiel, bei dem der AE-Sensor **2** auf dem Schraubstock **5** installiert ist. Das Installationsbeispiel **9D** ist ein Beispiel, bei dem der AE-Sensor **2** auf dem Tisch **6** installiert ist. Das Installationsbeispiel **9E** ist ein Beispiel, bei dem der AE-Sensor **2** über eine Stützvorrichtung an einer hohlen Stelle installiert ist. Diese Position ist eine Position in der Nähe einer Bearbeitungsstelle oder einer Stelle, an der das Schneidfluid **8** zugeführt wird. Das Installationsbeispiel **9F** ist ein Beispiel, bei dem der AE-Sensor **2** so installiert ist, dass er in den Tisch **6** eingebettet ist.

**[0019]** Der Vorverstärker **70**, die Signalverarbeitungsschaltung **71** und das Oszilloskop **72** sind Elemente zum Erhalten des AE-Signals und sie entsprechen dem Konfigurationsbeispiel, das in der unten beschriebenen **Fig. 6** gezeigt ist. Der AE-Sensor **2**

oder die AE-Sensoreinheit **20** ist über ein Signalkabel mit dem Vorverstärker **70** verbunden, ist von dem Vorverstärker **70** über ein Signalkabel mit der Signalverarbeitungsschaltung **71** verbunden, ist von der Signalverarbeitungsschaltung **71** über ein Signalkabel mit dem Oszilloskop **72** verbunden und ist von dem Oszilloskop **72** über ein Signalkabel mit einer Verbindungsschnittstelle **103** des Steuergeräts **10** verbunden. In der Signalverarbeitungsschaltung **71** nachgeschalteten Abschnitten kann eine Datenübertragung nicht nur durch drahtgebundene Kommunikation über das Signalkabel, sondern auch durch drahtlose Kommunikation erfolgen.

**[0020]** Jede Einheit der Arbeitsmaschine **1** ist über das Signalkabel oder dergleichen mit dem Steuergerät **10** verbunden, und ein Antrieb wird durch das Steuergerät **10** gesteuert. Wenn eine Bearbeitung an dem Werkstück **4** durchgeführt wird, steuert das Steuergerät **10** jeweils einen Antrieb des Tisches **6**, der Hauptwelle **32**, des Werkzeugs **3**, des Flüssigkeitszufuhrrohrs **7** und dergleichen. Wenn die Bearbeitung durchgeführt wird, erhält und empfängt das Steuergerät **10** ein AE-Signal von dem AE-Sensor **2** und führt eine Steuerung durch, die die Erkennung des Anomaliezeichens in Bezug auf einen Zustand des Werkzeugs **3** oder dergleichen beinhaltet.

**[0021]** Das Steuergerät **10** weist einen Prozessor **101**, einen Speicher **102**, die Verbindungsschnittstelle **103**, eine Eingabeeinrichtung **104**, eine Anzeigeeinrichtung **105**, einen Lautsprecher **106**, eine Lampe **107** und dergleichen, die über einen Bus oder dergleichen miteinander verbunden sind, auf. Der Prozessor **101** besteht aus einer CPU, einem ROM, einem RAM oder ähnlichem und konfiguriert einen Controller der Arbeitsmaschine **1**. Der Prozessor **101** führt einen Prozess gemäß einem Steuerprogramm **111** aus, um die Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion zu verwirklichen.

**[0022]** Der Speicher **102** besteht aus einer nichtflüchtigen Speichereinrichtung oder dergleichen und speichert verschiedene Datenteile und Informationen, die durch den Prozessor **101** verarbeitet werden. Im Speicher **102** werden Steuerungsinformationen **121**, Einstellungsinformationen **122** und dergleichen gespeichert. Die Steuerungsinformation **121** entspricht NC-Daten und enthält Daten und Informationen zum Durchführen einer NC-Steuerung, wenn die Bearbeitung des Werkstücks **4** durchgeführt wird. Die Einstellungsinformationen **122** enthalten auf die Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion bezogene Systemeinstellungsinformationen und Benutzereinstellungsinformationen.

**[0023]** Die Verbindungsschnittstelle **103** ist eine Schnittstelleneinheit, die an die Eingabeeinrichtung **104**, eine Kommunikationsschnittstelleneinrichtung (nicht gezeigt) oder dergleichen angeschlossen wird.

Die Eingabeeinrichtung **104** ist eine Einrichtung wie beispielsweise ein Bedienfeld, Tasten, eine Tastatur oder dergleichen, die dazu ausgelegt ist, die Eingabetätigkeit eines Nutzers zu erhalten. Die Anzeigeeinrichtung **105** ist eine Einrichtung, die dem Nutzer verschiedene Arten von Informationen über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) auf einem Bildschirm anzeigt. Der Lautsprecher **106** ist eine Audio-Ausgabeeinrichtung, die Audio wie beispielsweise eine Anleitung oder einen Alarm ausgibt. Die Lampe **107** ist eine Einrichtung wie beispielsweise eine LED, die Licht entsprechend der Anleitung, des Alarms oder dergleichen ausgibt. Das Steuergerät **10** kann in den Hauptkörper der Arbeitsmaschine **1** eingebaut sein oder extern daran angeschlossen werden. Das Steuergerät **10** kann durch einen Computer wie beispielsweise einen Personal Computer oder einen Server gebildet werden. Ein weiterer/weiteres Computer, Speichergerät, Kommunikationsgerät oder dergleichen kann an das Steuergerät **10** angeschlossen werden.

[Tisch, Werkzeug und Bearbeitung]

**[0024]** Fig. 2 zeigt Konfigurationsbeispiele des Tisches **6**, des Schraubstockes **5**, des Werkstücks **4**, des Werkzeugs **3** und dergleichen der Arbeitsmaschine **1** sowie das Installationsbeispiel **9B** des AE-Sensors **2**. Das Installationsbeispiel **9B** ist ein Beispiel, bei dem die AE-Sensoreinheit **20**, die als AE-Sensor **2** dient, an einer Seitenfläche des Werkstücks **4** installiert ist. Ein Signalkabel **220** geht von der AE-Sensoreinheit **20** und ist an den Vorverstärker **70** angeschlossen. Zwischen dem AE-Sensor **2** und dem Vorverstärker **70** wird leicht Rauschen aufgenommen, weshalb es vorzuziehen ist, ein kurzes Signalkabel **220** mit geringem Rauschen zu verwenden.

**[0025]** Das Werkstück **4** besteht zum Beispiel aus Edelstahl vom Typ **304** und hat eine rechteckige Parallelepipedenform. Eine obere Fläche des Werkstücks **4** ist zum Beispiel eine Bearbeitungsfläche WS. Die Bearbeitung wie beispielsweise Schneiden wird auf der Bearbeitungsfläche WS durchgeführt, indem das Werkzeug **3** mit der Fläche WS in Kontakt kommt. Ein Beispiel für das Werkzeug **3** beinhaltet einen Bohrer. Ein Beispiel für die Bearbeitung beinhaltet das Lochbohren, bei dem ein Loch mit kleinem Durchmesser in der Bearbeitungsfläche WS durch Schneiden mit dem Bohrer, der das Werkzeug **3** darstellt, erzeugt wird. Das Lochbohren enthält insbesondere Mehrlochbohren, bei dem eine Vielzahl von Löchern nacheinander an mehreren parallel zueinander ausgerichteten Positionen erzeugt wird.

**[0026]** Die Seitenflächen des Werkstücks **4** sind durch den Schraubstock **5** fixiert. Die Bewegung entlang der drei Achsen des Tisches **6** und ein Drehantrieb ermöglichen es einem Zustand des Werkstücks **4** wie beispielsweise einer Position oder Orientierung,

sich zu ändern. Ein Antrieb der Hauptwelle **32** ermöglicht es einem Zustand des Werkzeugs **3** wie beispielsweise einer Position oder Orientierung, sich zu ändern. Das Werkzeug **3** ragt von einer Unterseite der Hauptwelle **32** in einer vertikalen Richtung (Z-Richtung) vor. Eine Spitze des Werkzeugs **3** ist ein Bohrer mit kleinem Durchmesser.

**[0027]** Das Fräsen durch Verwenden eines Bohrers, der das Werkzeug **3** darstellt, wird als Bearbeitungsbeispiel angegeben. Wenn Lochbohren durch Fräsen durchgeführt wird, bewegt die Arbeitsmaschine **1** zum Beispiel den Tisch **6** in der X- und Y-Richtung, so dass sich eine vorgegebene Position (das heißt eine Lochbildungszielposition) auf der Bearbeitungsfläche WS des Werkstücks **4** unter der Spitze des Werkzeugs **3** befindet. Die Arbeitsmaschine **1** verfährt das Werkzeug **3** in der Z-Richtung nach unten, während sie das Werkzeug **3** dreht. Auf diese Weise ermöglicht die Arbeitsmaschine **1** es dem Werkzeug **3**, beim Bohren eines Lochs an der Bearbeitungsfläche WS anzuliegen. Nachdem das Loch gebildet ist, bewegt die Arbeitsmaschine **1** das Werkzeug **3** in der Z-Richtung aufwärts. Die Arbeitsmaschine **1** verfährt den Tisch **6**, auf dem die Hauptwellenstufe **31** oder das Werkstück **4** befestigt ist, in der X- und Y-Richtung für das nächste Bohrloch. Beim Bohren von Seitenlöchern befinden sich die Hauptwellenstufe **31**, die Hauptwelle **32** und das Werkzeug **3** an Positionen, die um 90 Grad von den in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Positionen gedreht sind, und die Arbeitsmaschine **1** bewegt das Werkzeug **3** und das Werkstück **4** in der X-, Y- und Z-Richtung.

**[0028]** Das Werkzeug **3** ist zum Beispiel ein Bohrer mit kleinem Durchmesser aus Hochgeschwindigkeitsstahl. Das Werkzeug **3** hat eine Spiralnut und eine Schneide wie in den Zeichnungen dargestellt. Ein Beispiel für die Abmessungen des Werkzeugs **3** sind ein Schneidendurchmesser (Klingen-Durchmesser) von 1 mm, ein Schaft-Durchmesser von 3 mm, eine Gesamtlänge von 60 mm, ein Überstand (von dem Halter vorstehende Länge) von 30 mm und eine Spannutenlänge von 12 mm.

**[0029]** Die Bearbeitungsbedingungen im Fall von Lochbohren durch Schneiden als Bearbeitungsbeispiel sind wie folgt. Ein Lochdurchmesser beträgt 1 mm und eine Lochtiefe beträgt 1 mm. Eine Drehzahl des Werkzeugs **3** beträgt zum Beispiel 4800 U/min, was 12,5 Millisekunden in Bezug auf einen Umdrehungszyklus (Dauer einer Umdrehung) entspricht. Ein Vorschub beträgt 0,02 mm/Umdrehung. Eine Kontaktzeit für das Bohren einer Bohrung beträgt 0,6 Sekunden. Die Anzahl der Löcher beim Mehrlochbohren reicht von mehreren hundert bis zu eintausend und mehreren hundert. Darüber hinaus kann zur Zeit des Bohrens ein Fall auftreten, in dem das Schneidfluid **8** über das Flüssigkeitszufuhrrohr **7** zugeführt wird (sog. Nass-Typ) und ein Fall, in dem

das Schneidfluid **8** nicht zugeführt wird (sog. Trocken-Typ). Beide Fälle sind einsetzbar. Wenn das Werkzeug **3** aus Hochgeschwindigkeitsstahl hergestellt ist, ist es nicht leicht zu brechen, da es sich biegt, wenn auf das Werkzeug **3** eine Last ausgeübt wird. Ist das Werkzeug **3** andererseits aus einem ultraharten Material hergestellt, so bricht es wahrscheinlich, wenn auf das Werkzeug **3** eine große Last ausgeübt wird.

[Werkstück und AE-Sensor]

**[0030]** Fig. 3 zeigt ein Konfigurationsbeispiel, bei dem die AE-Sensoreinheit **20** mit dem AE-Sensor **2** auf einer Seitenfläche des Werkstücks **4** installiert ist, und es entspricht dem Installationsbeispiel **9B**. Man beachte, dass ein Einbauort im Falle des Installationsbeispiels **9C** am Schraubstock **5** ebenfalls schematisch gezeigt ist. In Fig. 3 ist eine äußere Abdeckung als AE-Sensoreinheit **20** gezeigt. Die Abdeckung ist an einer Seitenfläche des Werkstücks **4** befestigt. Der AE-Sensor **2** (siehe die unten beschriebene Fig. 4) ist in der Abdeckung untergebracht. Das Signalkabel **220** erstreckt sich durch einige der Löcher in der Abdeckung. Die Abdeckung ist wasserdicht, öldicht und besitzt andere Eigenschaften. Bei einer anderen Ausführungsform kann der AE-Sensor **2** des Typs, der wasser- und öldichte Eigenschaften aufweist, eingesetzt werden. In einem solchen Fall können Vorrichtungen wie beispielsweise die Abdeckung vereinfacht werden. Die Seitenfläche des Werkstücks **4** an der Stelle, an der der AE-Sensor **2** befestigt ist, ist mit einem unten beschriebenen Akustikkoppler (siehe Fig. 4 und Fig. 5) versehen. Der Akustikkoppler ist zum Beispiel Fett, Wachs oder ein Klebstoff.

[AE-Sensor (1)]

**[0031]** Fig. 4 zeigt als Konfigurationsbeispiel eine Querschnittsstruktur des auf einer Installationsfläche **401** installierten AE-Sensors **2**. Es gibt verschiedene Typen von bekannten AE-Sensoren, von denen jeder einsetzbar ist. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist der verwendete Typ von AE-Sensor **2** ein breitbandiger und unsymmetrischer Typ. Der Breitbandtyp enthält als Frequenzkennlinie ein flaches Band und weist ein breites Band von zum Beispiel 100 kHz bis 1 MHz auf. Dieser AE-Sensor **2** weist ein piezoelektrisches Element **21**, eine Aufnahmeplatte **22**, einen Dämpfer **23**, ein Abschirmgehäuse **25**, einen Deckel **26**, einen Verbinder **27**, ein Signalkabel **28** und dergleichen auf. Bei diesem Typ ist der Dämpfer **23** auf einer Oberseite des piezoelektrischen Elements **21** vorgesehen, um Resonanzen zu unterdrücken. Die Empfindlichkeit des AE-Sensors **2** beträgt zum Beispiel 40 dB bis 55 dB. Eine Referenzempfindlichkeit beträgt 0 dB = 1 V/m/s. Die Aufnahmeplatte **22**, insbesondere eine Empfangsfläche davon, ist über den Akustikkoppler wie beispielsweise Fett **402** an der Installationsfläche **401** befestigt. Zur Befestigung können verschiedene Mittel wie Kleben („bond-

ing“) und Schrauben eingesetzt werden. Das Signalkabel **28** von dem piezoelektrischen Element **21** ist mit dem Verbinder **27** verbunden und es ist über den Verbinder **27** mit dem externen Signalkabel **220** verbunden.

**[0032]** Die Installationsfläche **401** ist bei dem Installationsbeispiel **9A** von Fig. 1 eine Fläche der Hauptwelle **32** und sie ist bei dem Installationsbeispiel **9B** von Fig. 3 eine Fläche des Werkstücks **4**. Die AE-Welle von der Installationsfläche **401** breitet sich über den Akustikkoppler zur Aufnahmeplatte **22** aus. Es ist wünschenswert, dass der Akustikkoppler wie beispielsweise Fett **402** so verwendet wird, dass die Grenzflächen der Elemente in engem Kontakt stehen und keine Luft in einem Ausbreitungspfad enthalten ist. Das piezoelektrische Element **21** wandelt die sich zu der Aufnahmeplatte **22** ausbreitende AE-Welle durch einen piezoelektrischen Effekt in ein elektrisches Signal (das heißt ein AE-Signal) und gibt das Signal von dem Signalkabel **28** aus. Als piezoelektrisches Element **21** wird eine piezoelektrische Keramik wie beispielsweise PZT (Bleizirkoniumtitanat) verwendet, so dass eine winzige Verzerrung erkannt werden kann. Der AE-Sensor **2** vom Breitbandtyp eignet sich zum Beobachten von Phänomenen verschiedener Eigenschaften bei unterschiedlichen Frequenzen. Der AE-Sensor **2**, wie er in Fig. 4 dargestellt ist, ist weiterhin als AE-Sensoreinheit **20** ausgebildet, indem er, wie in Fig. 3 gezeigt, in der Abdeckung untergebracht ist. Die Abdeckung der AE-Sensoreinheit **20** besitzt eine Struktur, dass sie an der Installationsfläche **401** befestigt werden kann.

[AE-Sensor (2)]

**[0033]** Der AE-Sensor **2**, der bei dem Installationsbeispiel **9A** von Fig. 1 auf der Hauptwelle **32** installiert ist, und der AE-Sensor **2**, der bei dem Installationsbeispiel **9B** von Fig. 3 auf dem Werkstück **4** installiert ist, erfassen die von dem Werkzeug **3** und dem Werkstück **4** zur Zeit der Bearbeitung erzeugte und sich ausbreitende AE-Welle als AE-Signal. Die AE-Welle spiegelt einen Kraftzustand oder dergleichen, den das Werkzeug **3** von dem Werkstück **4** erhält, wenn das Werkzeug **3** gedreht wird, wider. Die AE-Welle enthält eine Frequenz, die zum Beispiel von 100 kHz bis 1 MHz reicht. Als Abtastfrequenz des AE-Signals in dem AE-Sensor **2** wird eine Frequenz von 2 MHz oder mehr, zum Beispiel eine Frequenz von 4 MHz, verwendet. Das Steuergerät **10** erhält das AE-Signal von dem AE-Sensor **2** über den Vorverstärker **70**, die Signalverarbeitungsschaltung **71** und das Oszilloskop **72**. Das Steuergerät **10** erhält verschiedene Arten von Informationen basierend auf Datum, Zeit, ID und Steuerungsinformationen **121** zusammen mit dem AE-Signal. Die ID (Identifikationsinformation) aufweist die ID oder dergleichen der Arbeitsmaschine **1**, des Werkzeugs **3**, des Werkstücks **4** und des AE-Sensors **2**.

**[0034]** Man beachte, dass die Arbeitsmaschine **1** nicht nur mit dem AE-Sensor **2**, sondern auch mit anderen Arten von Sensoren ausgestattet sein kann. Beispiele für andere Arten von Sensoren beinhalten ein Voltmeter, ein Amperemeter, einen Kraftsensor, einen Beschleunigungsmesser, einen Wegsensor, einen Kreiselsensor, einen Ultraschallsensor, einen Dehnungsmesser, ein Laser-Doppler-Vibrometer, einen Temperatursensor, einen Schallpegelmesser, eine Kamera und ein MEMS-Sensor. Der Schallpegelmesser misst Umgebungsgeräusche. Der AE-Sensor **2** kann so installiert werden, dass er in den Tisch **6** oder dergleichen eingebettet ist. Es ist vorzuziehen, dass der AE-Sensor **2** an einer Stelle installiert wird, an der es schwierig wäre, Umgebungsgeräusche zu erkennen. Die Arbeitsmaschine **1** kann mit einem schallabsorbierenden Material zum Absorbieren von Betriebsgeräuschen oder dergleichen versehen werden.

[AE-Sensor (3)]

**[0035]** Bei dem Installationsbeispiel **9A** von **Fig. 1** sind zwei AE-Sensoren **2** auf der Hauptwelle **32** installiert. Wenn der AE-Sensor **2** auf der Hauptwelle **32** installiert ist, kann sogar mit einem AE-Sensor **2** ein ausreichender Effekt erzielt werden. Das weitere Installieren eines zweiten AE-Sensors **2** ermöglicht es, dass die folgenden Effekte erreicht werden. Die beiden AE-Sensoren **2**, die verwendet werden, weisen zum Beispiel unterschiedliche Frequenzbänder auf. Wenn sich zum Beispiel die Qualität des Materials (insbesondere die Schallgeschwindigkeit und Dichte) des Werkstücks **4** ändert, ändert sich auch die Frequenz der AE-Welle. Daher ermöglicht die Verwendung der Mehrzahl von AE-Sensoren **2** mit unterschiedlichen Frequenzbändern, um die Erkennung durchzuführen, Material mit einem weiten Bereich an akustischen Eigenschaften handzuhaben.

**[0036]** Außerdem können bei der Installation des AE-Sensors **2** auf dem Tisch **6**, wie bei dem Installationsbeispiel **9D** gezeigt, zwei oder mehr AE-Sensoren **2** mit zum Beispiel demselben Frequenzband installiert werden. In diesem Fall werden zwei oder mehr AE-Signale verwendet, so dass eine Position einer AE-Erzeugungsquelle aus einer Differenz der Ankunftszeiten der AE-Wellen berechnet werden kann. Die Schallgeschwindigkeit der AE-Welle und die Position des AE-Sensors zu dieser Zeit sind Teile der bekannten Informationen. Es sind zwei AE-Sensoren **2** erforderlich, um einen eindimensionalen Positionsbestimmungsprozess durchzuführen. Das Installieren von 2 oder mehr AE-Sensoren **2** auf derselben Ebene des Tisches **6** ermöglicht den Positionsordnungsprozess der AE-Erzeugungsquelle. Es ist nämlich möglich, eine Position auf dem Werkzeug **3** oder dergleichen, an der eine Anomalie aufgetreten ist, konkret zu identifizieren. Beim Durchführen des Positionsordnungsprozesses ist es vorzuziehen, dass sich

die Installationsposition des AE-Sensors **2** auf derselben Ebene wie eine obere Fläche oder dergleichen des Tisches **6** (oder einer unteren Fläche des Tisches **6** oder innerhalb des Tisches **6**) befindet, wie bei dem Installationsbeispiel **9D** gezeigt, und nicht auf der Seitenfläche des Tisches **6**. In dem Fall, bei dem drei oder mehr derselben AE-Sensoren **2** verwendet werden, ist es möglich, einen zweidimensionalen Positionsordnungsprozess durchzuführen.

[AE-Wellen-Ausbreitungspfad]

**[0037]** **Fig. 5** zeigt Ausbreitungspfade von AE-Wellen bei verschiedenen Typen von Installationsbeispielen. (A) zeigt einen Ausbreitungspfad, der dem Installationsbeispiel **9A** entspricht. Die Schallquelle, an der die AE-Welle erzeugt wird, befindet sich dort, wo das Werkzeug **3** wie beispielsweise der Bohrer mit dem Werkstück **4** in Kontakt kommt. Die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle breitet sich von dem Werkzeug **3** zu der Hauptwelle **32** aus. Die AE-Welle breitet sich von der Hauptwelle **32** über einen Akustikkoppler **501** wie beispielsweise Fett zu dem AE-Sensor **2** aus. (B) zeigt einen Ausbreitungspfad, der dem Installationsbeispiel **9B** entspricht. Die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle breitet sich von dem Werkzeug **3** zu dem Werkstück **4** aus. Die AE-Welle breitet sich von dem Werkstück **4** über den Akustikkoppler **501** zu dem AE-Sensor **2** aus. (C) zeigt einen Ausbreitungspfad, der dem Installationsbeispiel **9C** entspricht. Die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle breitet sich von dem Werkzeug **3** zu dem Werkstück **4** aus und breitet sich von dem Werkstück **4** zu dem Schraubstock **5** aus. Die AE-Welle breitet sich von dem Schraubstock **5** über den Akustikkoppler **501** zu dem AE-Sensor **2** aus. (D) zeigt einen Ausbreitungspfad, der dem Installationsbeispiel **9D** entspricht. Wie in der Zeichnung dargestellt enthält dieser Ausbreitungspfad zwei Arten von Pfaden. Die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle breitet sich von dem Werkzeug **3** zum Werkstück **4** aus, breitet sich von dem Werkstück **4** zu dem Tisch **6** aus und breitet sich von dem Tisch **6** über den Akustikkoppler **501** zu dem AE-Sensor **2** aus. Außerdem breitet sich die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle von dem Werkzeug **3** zu dem Werkstück **4** aus, breitet sich von dem Werkstück **4** zu dem Schraubstock **5** aus, breitet sich von dem Schraubstock **5** zu dem Tisch **6** aus und breitet sich von dem Tisch **6** über den Akustikkoppler **501** zu dem AE-Sensor **2** aus.

**[0038]** (E) zeigt einen Ausbreitungspfad, der dem Installationsbeispiel **9E** entspricht. Wie in der Zeichnung dargestellt, enthält dieser Ausbreitungspfad drei Arten von Pfaden. Im ersten Pfad breitet sich die während der Bearbeitung erzeugte AE-Welle von dem Werkzeug **3** über das Schneidfluid **8** zu dem AE-Sensor **2** aus. Das Schneidfluid **8** dient als Funktion des Akustikkopplers. Im zweiten Pfad breitet sich die AE-Welle von dem Werkstück **4** über das Schneidflu-

id **8** zu dem AE-Sensor **2** aus. Im dritten Pfad breitet sich die AE-Welle von dem Werkzeug **3** zu dem Werkstück **4** aus und breitet sich von dem Werkstück **4** über das Schneidfluid **8** zu dem AE-Sensor **2** aus. Die AE-Welle kann sich durch das Schneidfluid **8**, das eine Flüssigkeit ist, ausbreiten. Man beachte, dass die AE-Welle an einer Festkörper-Festkörper-Grenzfläche gut übertragen wird. Die AE-Welle wird leicht reflektiert, wird aber an einer Festkörper-Flüssigkeits-Grenzfläche immer noch übertragen. Die AE-Welle wird hauptsächlich an einer Festkörper-Gas-Grenzfläche reflektiert. Daher ist es vorzuziehen, dass der Ausbreitungspfad keine Luft enthält.

[Schaltungskonfigurationsbeispiel]

**[0039]** Fig. 6 zeigt Konfigurationsbeispiele einer Schaltung und ähnliches zum Erkennen des AE-Signals von dem AE-Sensor **2**, um eine Anomaliezeichenerkennung oder dergleichen durchzuführen. Das AE-Signal von dem AE-Sensor **2** wird durch den Vorverstärker **70** verstärkt und wird dann an die Signalverarbeitungsschaltung **71** gesendet (der Einfachheit halber oft als erste Signalverarbeitungsschaltung bezeichnet). Die Signalverarbeitungsschaltung **71** ist eine Einheit, die eine erste Signalverarbeitung des AE-Signals durchführt. Die Signalverarbeitungsschaltung **71** kann eine Schaltung sein, die an die Verbindungsschnittstelle **103** innerhalb des Steuergeräts **10** angeschlossen ist, oder sie kann eine unabhängige Einrichtung oder dergleichen sein, die außerhalb des Steuergeräts **10** angeschlossen ist. Die Signalverarbeitungsschaltung **71** hat ein BPF (Bandpassfilter) **81**, einen Hauptverstärker **82**, eine Hüllkurven-Erkennungsschaltung **83** und eine AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84**.

**[0040]** Das BPF **81** lässt AE-Signale in einem vorgegebenen Frequenzband passieren. Das BPF **81** entfernt unnötige Niederfrequenzsignale, die Vibrationsbestandteilen sind. Der Hauptverstärker **82** verstärkt die AE-Signale weiter. Man beachte, dass das vorliegende Beispiel eine zweistufige Verstärkungskonfiguration mit dem Vorverstärker **70** und dem Hauptverstärker **82** aufweist. Allerdings kann die Erfindung eine einstufige Verstärkungskonfiguration aufweisen. In dem Fall, in dem die Bearbeitung mit einem hohen Signalpegel der Schallquelle durchgeführt wird, ist es möglich, nur den Vorverstärker **70** zu verwenden und eine Verstärkung des Hauptverstärkers **82** auf 0 dB einzustellen. Alternativ ist es möglich, nur den Vorverstärker **70** zu verwenden und den Hauptverstärker **82** nicht anzuschließen. Die Hüllkurven-Erkennungsschaltung **83** führt eine Hüllkurvenerkennung aus dem AE-Signal durch, wie unten beschrieben. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** erkennt ein AE-Ereignis aus dem AE-Signal, indem sie ein Verfahren wie unten beschrieben verwendet. Man beachte, dass der BPF **81** dem Vorverstärker **70** vorgeschaltet sein kann. Zusätzlich kann der BPF **81**

auch dem Hauptverstärker **82** nachgeschaltet vorgesehen sein. Zusätzlich kann weiterhin eine Vollwellen-Gleichrichterschaltung oder dergleichen dem Hauptverstärker **82** nachgeschaltet vorgesehen sein.

**[0041]** Das Oszilloskop **72** ist der AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** der Signalverarbeitungsschaltung **71** nachgeschaltet angeschlossen. Das Oszilloskop **72** ist eine Wellenformmesseinrichtung und weist eine ADC (Analog-DigitalWandler-Schaltung) **85**, eine Anzeige **86** und einen Rekorder **87** auf. Man beachte, dass das Oszilloskop **72** und die Signalverarbeitungsschaltung **71** als integriertes Gerät ausgebildet sein können. Der ADC **85** wandelt das AE-Signal, das ein analoges Signal ist, durch Abtasten mit einer vorgegebenen Frequenz in ein digitales Signal um. Die Anzeige **86** ist eine Wellenformanzeige und zeigt einen Zustand der AE-Welle (Amplitude, AE-Ereignis oder dergleichen) des AE-Signals auf einem Anzeigebildschirm an. Der Rekorder **87** zeichnet Daten des AE-Signals als Protokoll auf und ermöglicht, dass sie ausgegeben werden.

**[0042]** Eine im Steuergerät **10** vorgesehene Signalverarbeitungsschaltung (der Einfachheit halber oft als zweite Signalverarbeitungsschaltung bezeichnet) ist dem ADC **85** des Oszilloskops **72** nachgeschaltet angeschlossen. Die zweite Signalverarbeitungsschaltung kann eine Schaltung sein, die an die Verbindungsschnittstelle **103** angeschlossen ist, oder sie kann von dem Prozessor **101** unter Verwendung von Software-Programmverarbeitung realisiert werden. Die zweite Signalverarbeitungsschaltung enthält eine AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91**, eine Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92**, eine Ausgabesteuerschaltung **93**, eine Schwellenwert-Einstellschaltung **94**, eine Schwellenwert-Einstellschaltung **95** und dergleichen. Man beachte, dass das Steuergerät **10** eine Bearbeitungssteuerfunktion **90** als vorhandene Funktion enthält. Die Bearbeitungssteuerfunktion **90** ist eine Funktion, die die Steuerungsinformationen **121** für die Bearbeitung erzeugt und den Antrieb des Werkzeugs **3**, des Tisches **6** oder dergleichen basierend auf den Steuerungsinformationen **121** steuert. Die Steuerungsinformationen **121** enthalten auch Werkzeuginformationen **123**.

**[0043]** Die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** empfängt das AE-Signal, das das digitale Signal von dem ADC **85** ist, und erhält die Werkzeuginformationen **123** aus den Steuerungsinformationen **121**. Die Werkzeuginformationen **123** enthalten Informationen wie beispielsweise eine Drehfrequenz oder den Umdrehungszyklus des Werkzeugs **3**. Die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** berechnet die AE-Ereignisrate als Indexwert ED auf der Grundlage der empfangenen Informationen. Die AE-Ereignisrate ist die Anzahl von AE-Ereignissen pro Zeiteinheit.

**[0044]** Die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** empfängt Informationen über die AE-Ereignisrate (Indexwert ED) von der AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91**, verwendet den Schwellenwert, um zu bestimmen, ob das Anomaliezeichen in Bezug auf einen Zustand der Arbeitsmaschine **1** vorhanden ist, und gibt Bestimmungsergebnis-Informationen aus. Die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** vergleicht eine Vielzahl der in einer Zeitreihe angeordneten Indexwerte ED und den Schwellenwert und bestimmt, ob das Anomaliezeichen vorhanden ist oder dergleichen. Die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** stellt den Schwellenwert für die Anomaliezeichenerkennung in Bezug auf die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** dynamisch oder statisch ein. Beispiele für den Schwellenwert, der den Einstellwert darstellt, beinhalten eine Anzahl von aufeinanderfolgender Mal N und einen ersten Bereich **H1**, wie unten beschrieben.

**[0045]** Die Schwellenwert-Einstellschaltung **95** stellt den Schwellenwert (wie beispielsweise zwei Stufen von Spannungsschwellenwerten, die unten beschrieben werden) für die AE-Ereigniserkennung in Bezug auf die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** ein.

**[0046]** Die Ausgabesteuerschaltung **93** führt eine vorgegebene Ausgabesteuerung gemäß den Bestimmungsergebnisinformationen von der Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** durch. Beispiele für die Ausgabesteuerung sind eine Warnungsausgabe **93A**, eine Betriebsstoppsteuerung **93B**, eine Grafikanzeige **93C** und eine Signalwellenformanzeige **93D**. Die Warnungsausgabe **93A** ist eine Warnung, der dem Nutzer das Anomaliezeichen anzeigt. Beispiele für die Warnungsausgabe **93A** beinhalten das Ausgeben eines Warntons über den Lautsprecher **106**, das Aufleuchten einer Warnung der Lampe **107** und das Anzeigen von Warnungsinformationen auf dem Anzeigebildschirm der Anzeigeeinrichtung **105**. Die Warnungsausgabe **93A** kann eine Warnungsausgabe sein, die mehrere Stufen (d.h. mehrere Stufen in Bezug auf den Grad der Anomalie) anzeigt, wie unten beschrieben. Die Betriebsstoppsteuerung **93B** ist eine Steuerung zum sofortigen Stoppen des Bearbeitungsvorgangs. Die Grafikanzeige **93C** ist eine Steuerung zum Anzeigen einer Grafik der AE-Ereignisrate, der Anomaliezeichenbestimmung oder dergleichen auf dem Anzeigebildschirm der Anzeigeeinrichtung **105** oder dergleichen. Die Signalwellenformanzeige **93D** ist eine Kontrolle zum Anzeigen einer Grafik oder dergleichen der AE-Welle auf dem Bildschirm der Anzeigeeinrichtung **105** oder dergleichen. Der Nutzer kann das Anomaliezeichen aus jeder Ausgabe wie oben beschrieben erkennen, bevor eine Anomalie wie beispielsweise eine Beschädigung des Werkzeugs **3** oder dergleichen der Arbeitsmaschine **1** auftritt, so dass es möglich ist, Maßnahmen gegen eine derartige Anomalie zu ergreifen.

**[0047]** Als Modifikationsbeispiel für die Konfiguration von **Fig. 6** können die Hüllkurven-Erkennungsschaltung **83** und die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** der ersten Signalverarbeitungsschaltung **71** in der zweiten Signalverarbeitungsschaltung des Steuergeräts **10** vorgesehen sein. Es sind verschiedene Arten von Modifikationen möglich, zum Beispiel Hinzufügen, Weglassen, Trennen oder Zusammenfügen von Schaltungsteilen.

[AE-Messbedingungen]

**[0048]** Die AE-Messbedingungen bei der vorliegenden Ausführungsform sind wie folgt. Hinsichtlich der Verstärkerverstärkung wurde die Verstärkung des Vorverstärkers **70** auf 20 dB eingestellt und die Verstärkung des Hauptverstärkers **82** auf 0 dB eingestellt. Das BPF **81** führte einen Hochpassfilterungsprozess durch, um das Rauschen von Vibrationsbestandteilen zu entfernen, und die Abtastfrequenz wurde mit 4 MHz gemessen. Eine Grenzfrequenz eines HPF (Hochpassfilter) in dem BPF **81** wurde auf 20 kHz eingestellt, um ein Signal von 20 kHz oder mehr in einem allgemeinen Ultraschallbereich zu messen. Ein LPF (Tiefpassfilter) in dem BPF **81** wurde auf THRU (durch; keine Filterung) eingestellt. Da das AE-Frequenzband für die Plastizität eines Metallmaterials im Allgemeinen von 100 kHz bis 1 MHz reicht, kann die Grenzfrequenz des HPF auf näherungsweise 100 kHz eingestellt werden, so dass das mit der plastischen Verformung des Metallmaterials verbundene AE-Signal spezifisch erfasst wird.

[Verarbeitungsablauf]

**[0049]** **Fig. 7** zeigt einen Verarbeitungsablauf der Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion in dem Anomaliezeichen-Erkennungssystem und -verfahren entsprechend der vorliegenden Ausführungsform. **Fig. 7** enthält Schritte **S1** bis **S8**. Im Folgenden werden die Schritte der Reihe nach beschrieben. In Schritt **S1** werden das Einstellen der Arbeitsmaschine **1** und des Werkstücks **4** durchgeführt und die Bearbeitung wird gestartet. Das Einstellen beinhaltet vorab das Installieren des AE-Sensors **2** an der Arbeitsmaschine **1** an einer vorgegebenen Stelle, wie in **Fig. 1** dargestellt und dergleichen. Das Einstellen beinhaltet das Einstellen anfänglicher Einstellwerte durch die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** und die Schwellenwert-Einstellschaltung **95**. Der Nutzer gibt der Arbeitsmaschine **1** eine Bearbeitungsstartanweisung an die ein. Das Steuergerät **10** erzeugt die Steuerungsinformationen **121** und startet die Bearbeitungssteuerung und eine Anomaliezeichen-Erkennungsüberwachung.

**[0050]** In Schritt **S2** erhält und empfängt das Steuergerät **10** das AE-Signal und die damit verbundenen Informationen von dem AE-Sensor **2** über die Signalverarbeitungsschaltung **71** und dergleichen. In Schritt

**S3** erkennt die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** der Signalverarbeitungsschaltung **71** von **Fig. 6** das AE-Ereignis aus dem AE-Signal (siehe **Fig. 10** oder **Fig. 11**, die unten beschrieben sind). In Schritt **S4** berechnet die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** von **Fig. 6** die AE-Ereignisrate aus dem AE-Signal (das die AE-Ereignisinformationen enthält) als Indexwert ED.

**[0051]** In Schritt **S5** stellt die Schwellenwert-Einstellungsschaltung **94** des Steuergeräts **10** in der Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** zum Beispiel einen dynamischen Schwellenwert als Schwellenwert ein. Der Schwellenwert enthält die Anzahl aufeinanderfolgender Male N und den ersten Bereich **H1**. Die Schwellenwert-Einstellungsschaltung **94** verwendet Informationen aus der AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91**, um den dynamischen Schwellenwert zu bestimmen.

**[0052]** In Schritt **S6** ordnet die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** die in Schritt **S4** erhaltenen Indexwerte ED der AE-Ereignisraten in einer Zeitreihe an und verwendet den in Schritt **S5** eingestellten Schwellenwert, um die Anomaliezeichenbestimmung für jeden Zeitpunkt durchzuführen. Die Anomaliezeichenbestimmung ist ein Schritt, in dem bestimmt wird, ob die Mehrzahl der innerhalb des ersten Bereichs **H1** und in einer Zeitreihe angeordneten Indexwerte ED N-mal oder öfter nacheinander auftreten (als erster Zustand bezeichnet). Wenn das in Schritt **S6** erhaltene Bestimmungsergebnis anzeigt, dass das Anomaliezeichen vorhanden ist (JA), fährt der Prozess mit Schritt **S7** fort. Wenn das in Schritt **S6** erhaltene Bestimmungsergebnis anzeigt, dass kein Anomaliezeichen vorhanden ist (NO), fährt das Verfahren mit Schritt **S8** fort.

**[0053]** In Schritt **S7** führt die Ausgabesteuerungsschaltung **93** die Ausgabesteuerung (Alarmausgabe **93A** oder Betriebsstoppsteuerung **93B** wie oben beschrieben) entsprechend dem in Schritt **S6** erhaltenen Ergebnis der Anomaliezeichenbestimmung (erster Zustand) durch.

**[0054]** In Schritt **S8** bestätigt das Steuergerät **10**, ob die Bearbeitung abgeschlossen ist, zum Beispiel ob das Mehrlochbohren vollständig abgeschlossen ist. Wenn die Bearbeitung nicht abgeschlossen ist, kehrt der Prozess zu Schritt **S2** zurück und wird auf dieselbe Weise wiederholt. Wenn die Bearbeitung abgeschlossen ist, wird der Verarbeitungsablauf beendet.

[Drehfrequenz und  
Bearbeitungszeit des Werkzeugs]

**[0055]** Das Steuergerät **10** bezieht sich auf Informationen wie beispielsweise die Drehfrequenz des Werkzeugs **3** aus den Werkzeuginformationen **123** unter den Steuerungsinformationen **121** und be-

stimmt den Umdrehungszyklus (eine Umdrehungszeit) des Werkzeugs **3**. Die Drehfrequenz des Werkzeugs **3** ist zum Beispiel die Drehfrequenz pro Minute ([U/min]). Die Drehfrequenz beträgt beispielsweise 4800 U/min (Frequenz 80 Hz). Der Umdrehungszyklus kann aus der Drehfrequenz (oder einer Drehgeschwindigkeit oder dergleichen) berechnet werden. Beispielsweise ergeben 4800 U/min den Umdrehungszyklus von 12,5 Millisekunden. Die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** setzt den Umdrehungszyklus des Werkzeugs **3** als Zeiteinheit TU (siehe die unten beschriebene **Fig. 12**), zählt die Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit TU und stellt sie als AE-Ereignisrate ein.

**[0056]** Bei dem Bearbeitungsbeispiel gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Anomaliezeichenerkennung in dem Mehrlochbohrprozess über einen langen Zeitraum durchgeführt. Wenn zum Beispiel die Bohrzeit für ein Loch eine Sekunde beträgt und 1000 Löcher zu bohren sind, würde die Bohrzeit mindestens 1000 Sekunden erfordern.

[AE-Welle und Anomalie]

**[0057]** AE ist ein Phänomen, bei dem in dem Material angesammelte elastische Energie als Schallwelle (als AE-Welle bezeichnet) freigesetzt wird, wenn das Material verformt oder gebrochen wird. Die AE-Welle ist eine Ultraschallwelle. Die AE-Welle wird einhergehend mit der Verformung oder dergleichen erzeugt, bevor ein Bruch des Materials auftritt. Ein Verfahren, das die AE-Welle einsetzt, um die Verformung oder dergleichen des Materials zerstörungsfrei zu bewerten, wird als AE-Technik bezeichnet. Bei der AE-Technik wird der AE-Sensor verwendet.

**[0058]** Der AE-Sensor erkennt eine elastische Welle, die von einem mikroskopischen Bruch des Materials ausgeht. Da das AE-Signal schwach ist, wird ein Verstärker verwendet. Bei der AE-Technik wird das Verhalten der AE-Welle in Echtzeit beobachtet, so dass ein Anomaliezeichen wie beispielsweise ein Bruch erkannt werden kann.

**[0059]** **Fig. 8** zeigt eine AE-Welle vom Burst-Typ als Beispiel für die AE-Welle. (A) zeigt eine Reihe von AE-Wellen vom Burst-Typ. (B) zeigt einen zeitlich vergrößerten Teil von (A). (B) zeigt eine Vielzahl von AE-Wellen vom Burst-Typ. (C) zeigt einen zeitlich vergrößerten Teil von (B). (C) zeigt zwei AE-Wellen vom Burst-Typ. Eine AE-Welle vom Burst-Typ entspricht einem AE-Ereignis. In einem Stadium, bevor in dem Werkzeug **3** oder Werkstück **4** eine Anomalie auftritt, wird oftmals eine derartige AE-Welle vom Burst-Typ erzeugt. Es wird in Betracht gezogen, dass eine derartige AE-Welle vom Burst-Typ zum Beispiel durch Späne erzeugt wird, die während des Schneidens erzeugt wurden, die nicht vollständig nach außen entladen wurden und zwischen dem Loch und dem Bohrer

zurückbleiben, oder durch an der Spitze des Werkzeugs **3** haftende Späne, wie unten beschrieben.

**[0060]** Ein anormaler Zustand ist ein Zustand, der sich von einem normalen vordefinierten Zustand unterscheidet. Beispiele für den anormalen Zustand beinhalten eine Beschädigung und einen Bruch des Werkzeugs **3**, des Werkstücks **4**, der Hauptwelle **32** oder dergleichen. In einem Fall, in dem das Werkzeug **3** wie beispielsweise ein Bohrer mit kleinem Durchmesser verwendet wird, kann ein Bruch als eine Anomalie auftreten. Beispiele für andere Anomalien beinhalten das Reißen und Absplittern der Schneidkante. Der Begriff „Anomalie“, für die die Erkennung von Anomaliezeichen durchgeführt wird, ist ein allgemeiner Begriff, der derartige Schäden oder den Bruch des Werkzeugs **3** einschließt. Im Fall eines Bruchs des Werkzeugs **3** wird auch das Werkstück **4** stark beschädigt, wodurch die Bearbeitung bis zu diesem Punkt vergeudet wäre. Darüber hinaus ist im Falle eines Bruchs die Belastung der Arbeitsmaschine **1** groß und kann zu einem Maschinenausfall führen. Insbesondere ist im Fall von Schlichtbearbeitung, die ein gering belasteter Bearbeitungsprozess ist, die Schlichtbearbeitung oft der letzte Schritt, und es wäre schwierig, das Werkstück in nachfolgenden Schritten zu reparieren. Es ist für den Anwender vorzuziehen, den Bruch des Werkzeugs **3** so weit wie möglich zu verhindern.

**[0061]** Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform erkennt eine derartige Burst-AE-Welle als AE-Ereignis, berechnet die AE-Ereignisrate aus einer Vielzahl der AE-Ereignisse und bestimmt aus dem Status der AE-Ereignisrate, ob das Anomaliezeichen vorhanden ist. Insbesondere erkennt das Anomaliezeichen-Erkennungssystem als Anomaliezeichen ein Phänomen, bei dem der Indexwert ED der AE-Ereignisrate innerhalb eines bestimmten Bereichs aufeinanderfolgend auftritt. Auf diese Weise ist es möglich, Maßnahmen zu ergreifen, bevor ein Bruch des Werkzeugs **3** auftritt.

**[0062]** Fig. 9 zeigt eine Abweichung der AE-Welle vom Burst-Typ. (A) zeigt eine AE-Welle vom Burst-Typ mit einer einfachen Dämpfung. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** zählt eine derartige Burst-AE-Welle als ein AE-Ereignis. (B) zeigt die AE-Welle vom Burst-Typ mit einer komplizierten Form, die an ihrer ansteigenden Flanke eine Vielzahl von Spitzen zu haben scheint. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** zählt eine derartige AE-Welle vom Burst-Typ als ein AE-Ereignis. (C) zeigt die AE-Welle vom Burst-Typ mit einer komplizierten Form, die bei der Dämpfung eine Vielzahl von Spitzen zu haben scheint. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** zählt eine derartige AE-Welle vom Burst-Typ als ein AE-Ereignis.

**[0063]** Wie bei den oben beschriebenen Beispielen kann die AE-Welle verschiedene Formen aufweisen. Bei dem Bestimmungsverfahren gemäß dem Beispiel des Standes der Technik wäre es schwierig, für derartige AE-Wellen mit verschiedenen Formen das Anomaliezeichen mit hoher Genauigkeit zu erkennen. Im Gegensatz dazu ist das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Bestimmungsmethode, bei der ein Phänomen der AE-Ereignisrate bestimmt wird, und somit das Anomaliezeichen auch für derartige AE-Wellen, die verschiedene Formen aufweisen, mit hoher Genauigkeit erkennen kann.

[AE-Ereignis-Erkennung]

**[0064]** Die Fig. 10 und Fig. 11 zeigen Beispiele für AE-Ereignis-Erkennungsverfahren. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** verwendet das in Fig. 10 oder Fig. 11 dargestellte Verfahren, um das AE-Ereignis zu erkennen. Das zu verwendende Verfahren kann im Voraus ausgewählt und eingestellt werden. Das AE-Ereignis-Erkennungsverfahren ist nicht auf das vorliegende Beispiel zu beschränken, und es können auch andere Verfahren angewandt werden.

**[0065]** Fig. 10 zeigt ein Verfahren, das einen Pegel eines Spannungsschwellenwertes  $V_1$  als Schwellenwert verwendet, um das AE-Ereignis zu bestimmen und zu erkennen. Eine vertikale Achse der AE-Welle des AE-Signals in Fig. 10 ist ein Spannungswert. Eine Spitzenamplitude des Spannungswertes der AE-Welle ist in (a) gezeigt. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** vergleicht die Amplitude der AE-Welle und den Spannungsschwellenwert  $V_1$  und misst den Zeitpunkt, zu dem die Amplitude den Spannungsschwellenwert  $V_1$  erreicht oder übersteigt, als AE-Zählung wie in (c) gezeigt. Eine Dauer des mit der AE-Zählung von (c) verbundenen AE-Ereignisses ist in (b) gezeigt. Ein Zeitpunkt  $t_1$  ist ein Startzeitpunkt des AE-Ereignisses und ein Zeitpunkt  $t_2$  ist ein Endzeitpunkt des AE-Ereignisses. Eine Anstiegszeit des AE-Ereignisses, die die Zeit vom Zeitpunkt  $t_1$  bis zu einem Zeitpunkt der Spitzenamplitude von (a) ist, ist in (d) gezeigt. Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** zählt und erkennt die Dauer wie in (b) gezeigt als ein AE-Ereignis basierend auf dem der AE-Zählung von (c).

**[0066]** Fig. 11 zeigt ein Verfahren, das zwei Pegel von Hoch- und Niederspannungsschwellenwerten  $\{V_H \text{ und } V_L\}$  verwendet, um das AE-Ereignis zu bestimmen und zu erkennen. (A) zeigt die AE-Welle des AE-Signals, das ein analoges Signal ist. Die vertikale Achse zeigt die Amplitude der Spannung an. (B) zeigt eine Wellenform (Hüllkurven-Wellenform), nachdem durch die Hüllkurven-Erkennungsschaltung **83** von Fig. 6 eine Vollwellen-Gleichrichtung und Hüllkurven-Erkennung aus dem AE-Signal von (A) durchgeführt wurde.

Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** vergleicht diese Wellenform und die beiden Pegel der Spannungsschwellenwerte  $V_H$  und  $V_L$  und bestimmt und erkennt das AE-Ereignis. Eine Hüllkurvenlinie ist eine Linie, die die Spitzenamplitudenpunkte der Spannung verbindet. Die Wellenform von (B) zeigt einen Zustand, nachdem aus der Wellenform von (A) eine Vollwellen-Gleichrichtung durchgeführt wurde. Vollwellen-Gleichrichtung ist eine Gleichrichtung, bei der ein negativer Spannungsanteil in eine positive Spannung umgewandelt wird.

**[0067]** Die AE-Ereignis-Erkennungsschaltung **84** erkennt einen Zeitraum von dem Zeitpunkt, an dem der Spannungswert der Wellenform von (B) den High-Side-Spannungsschwellwert  $V_H$  übersteigt, bis zu dem Zeitpunkt, an dem er auf oder unter den Low-Side-Spannungsschwellwert  $V_L$  fällt, als ein AE-Ereignis. (C) zeigt einen AE-Ereignis-Zählpuls, das heißt ein AE-Ereignis-Erkennungssignal basierend auf der Wellenform von (B). Der als ein AE-Ereignis erkannte Teil befindet sich in einem Puls-EIN-Zustand.

[AE-Ereignisraten-Berechnung]

**[0068]** **Fig. 12** zeigt die Berechnung der AE-Ereignisrate. **Fig. 12** zeigt ein Beispiel für das AE-Signal, wobei die horizontale Achse die Zeit darstellt. Die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** zählt die Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit TU in einer Zeitreihe des AE-Signals und setzt die AE-Ereignisrate, die der Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit entspricht, als Indexwert ED fest. **Fig. 12** zeigt die Anzahl von AE-Ereignissen pro Zeiteinheit TU.

**[0069]** Das Beispiel des AE-Signals von (A) zeigt einen Teil, zu dem ein bestimmtes Loch gebohrt wird. Das Beispiel des AE-Signals von (B) zeigt einen Teil, zu dem ein anderes Loch unter Verwendung desselben Werkzeugs **3** gebohrt wurde. Bei dem Beispiel von (A) werden sporadisch AE-Wellen vom Burst-Typ erzeugt. In den Zeiteinheiten TU1 bis TU8 sind die Indexwerte ED, die die AE-Ereignisraten sind, {1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1} in dieser Reihenfolge.

**[0070]** Zum Zeitpunkt von (B) hat das Werkzeug **3** eine große Anzahl von Löchern gebohrt, und die Verschlechterung ist im Vergleich zu (A) weiter fortgeschritten. Daher werden bei dem Beispiel von (B) mehrere AE-Wellen vom Burst-Typ aufeinanderfolgend erzeugt. In den Zeiteinheiten TU1 bis TU8 sind die Indexwerte ED, die die AE-Ereignisraten sind, {7, 5, 6, 5, 5, 5, 5, 6, 5} in dieser Reihenfolge.

**[0071]** Man beachte, dass die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung **91** die AE-Welle, die sich über Abschnitte der Zeiteinheiten TU erstreckt, in jeder der Zeiteinheiten TU passend zählt.

[AE-Welle entsprechend der Zustandsänderung des Werkzeugs oder dergleichen]

**[0072]** **Fig. 13** zeigt ein Beispiel für den Übergang der AE-Welle entsprechend einer Zustandsänderung des Werkzeugs **3** oder dergleichen. (A) zeigt die AE-Welle, wenn sich das Werkzeug **3** in einem normalen Zustand befindet, wobei keine AE-Welle vom Burst-Typ (entsprechend AE-Ereignis) den festgestellten Schwellenwert übersteigt. (B) zeigt einen Fall, in dem sich der Zustand des Werkzeugs **3** innerhalb eines normalen Bereichs befindet, wobei sporadisch einige wenige AE-Wellen vom Burst-Typ auftreten. (C) zeigt einen Fall, der dem Vorhandensein des Anomaliezeichens entspricht, wobei die mehreren AE-Wellen vom Burst-Typ aufeinanderfolgend auftreten. Mit anderen Worten, die mehreren AE-Wellen vom Burst-Typ werden als aufeinanderfolgende AE-Wellen beobachtet. In diesem Zustand treten die AE-Ereignisse nämlich nacheinander auf. Aus solchen aufeinanderfolgenden AE-Wellen können die AE-Ereignisraten berechnet werden. Wenn die AE-Ereignisraten innerhalb eines vorgegebenen Bereichs aufeinanderfolgend auftreten, wird festgestellt, dass das Anomaliezeichen vorhanden ist. (D) zeigt die aufeinanderfolgenden AE-Wellen, die dem Fall unmittelbar bevor Werkzeuganomalie auftritt, entsprechen. (E) zeigt einen Fall, in dem eine Anomalie auftritt, wenn die Werkzeuganomalie auftritt. Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform erkennt das Anomaliezeichen zu dem Zeitpunkt wie in (C) gezeigt.

[Veränderung der AE-Ereignisrate]

**[0073]** **Fig. 14** zeigt ein Beispiel für die Veränderung der Amplitude des AE-Signals und der entsprechenden AE-Ereignisrate in einer Zeitreihe. **Fig. 14** zeigt die zeitliche Veränderung (Bearbeitungszeit TP) beim Bohren eines bestimmten Lochs. (A) zeigt die Amplitude des AE-Signals und (B) zeigt den Indexwert ED, der die AE-Ereignisrate darstellt. Das Beispiel von **Fig. 14** zeigt einen Fall, der einem Zustand innerhalb eines normalen Bereichs oder einer Anfangsphase des Anomaliezeichens entspricht. In (A) ist die Einheit der Amplitude [mV]. Die Bearbeitungszeit TP beträgt zum Beispiel eine Sekunde. In (B) zeigt ein Punkt die AE-Ereignisrate in dem Fall an, in dem die Zeiteinheit TU auf eine Umdrehungszeit des Werkzeugs eingestellt ist. In dem anfänglichen Normalzeitraum ist der Indexwert ED **0**. Wenn im Normalzustand **0** aufeinanderfolgend als Indexwert ED erscheint, und selbst wenn ein anderer Wert als 0 erscheint, bleibt der Wert nicht aufeinanderfolgend und kehrt zu 0 zurück. Danach erscheinen zum Beispiel in dem Zeitraum **141 1** und **2** als die Indexwerte ED. Wenn andere Werte als 0 aufeinanderfolgend als Indexwerte ED erscheinen, ist es möglich, dass eine Anomalie vorliegt.

**[0074]** Fig. 15 zeigt ein weiteres Beispiel für die Bearbeitungszeit TP und zeigt ähnlich einen Fall, der dem Anomaliezeichen entspricht. Bei dem Beispiel von Fig. 15 ist der Indexwert ED größer als im Fall von Fig. 14. Zum Beispiel erscheinen in dem Zeitraum 151 die Indexwerte ED von 2, 3 und 4.

**[0075]** Fig. 16 zeigt ein weiteres Beispiel für die Bearbeitungszeit TP und zeigt ähnlich einen Fall, der dem Anomaliezeichen entspricht. Das Beispiel von Fig. 16 zeigt einen Fall unmittelbar bevor eine Anomalie wie beispielsweise eine Beschädigung des Werkzeugs 3 auftritt. Bei dem Beispiel von Fig. 16 ist der Indexwert ED größer als im Fall von Fig. 15. Zum Beispiel erscheinen in dem Zeitraum 161 die Indexwerte ED von 5, 6 und 7. Zu einem Zeitpunkt 162 ist eine Anomalie wie beispielsweise eine Beschädigung des Werkzeugs 3 aufgetreten. In dem Zeitraum nach dem Zeitpunkt 162 hat sich der Indexwert ED auf einen kleineren Wert als zuvor verringert.

**[0076]** Wie bei den Beispielen der Fig. 14 bis Fig. 16 ist ein Phänomen zu beobachten, bei dem die mehreren AE-Ereignisraten in einer Zeitreihe innerhalb eines bestimmten Bereichs aufeinanderfolgend gesättigt sind. Dieses Phänomen kann mit dem Anomaliezeichen im Zusammenhang stehen. Bei diesem Phänomen sind die mehreren AE-Ereignisraten innerhalb eines bestimmten Bereichs mit einem gewissen Abweichungsgrad verteilt.

[Beispiel (1) für die Anomaliezeichenbestimmung]

**[0077]** Fig. 17 zeigt ein Beispiel, das die AE-Ereignisrate für die Anomaliezeichenbestimmung verwendet. Fig. 17 zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Teils, der dem Zeitraum 141 von Fig. 14 entspricht. Als Beispiel für die Schwellenwerteneinstellung werden Einstellbeispiele für die Anzahl von aufeinanderfolgenden Malen N und den ersten Bereich H1 beschrieben. Die Anzahl der aufeinanderfolgenden Male N ist zum Beispiel 5. Der erste Bereich H1 enthält eine ganze Zahl von 0 oder mehr. Der erste Bereich H1 ist so eingestellt, dass ein Referenzwert D0 1 ist und ein Abweichungsbereich  $\pm 1$  ist. Der Referenzwert D0 ist ein Referenzwert innerhalb des ersten Bereichs H1. Der Abweichungsbereich repräsentiert die für den Indexwert ED zulässige Abweichung. Allerdings besitzt der erste Bereich H1 bei dem vorliegenden Beispiel einen Zustand, in dem die ganze Zahl 1 oder mehr ausschließlich 0 ist. Der erste Bereich H1 ist nämlich so eingestellt, dass er einen Bereich {1, 2} aufweist, in dem eine Obergrenze DH gleich 2 und eine Untergrenze DL gleich 1 aufweist.

**[0078]** Die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung 92 des Steuergeräts 10 stellt fest, dass das Anomaliezeichen vorhanden ist, wenn sich die Mehrzahl der in einer Zeitreihe angeordneten Indexwerte ED in einem ersten Zustand befindet, in dem die Indexwerte

ED innerhalb des ersten Bereichs H1 N-mal oder öfter aufeinanderfolgend erscheinen. Wie in der Zeichnung gezeigt, erscheint im Zeitraum 171 und im Zeitraum 172 1 oder 2 aufeinanderfolgend fünfmal als Indexwerte ED und können daher als Anomaliezeichen erkannt werden.

**[0079]** Das Folgende kann als Modifikationsbeispiel für die oben beschriebene Bestimmung angegeben werden. Es wird eine Bedingung angegeben, in der 0 als Indexwert ED innerhalb des ersten Bereichs H1 zulässig ist (das heißt eine Bedingung, bei der Werte innerhalb des ersten Bereichs H1, die aufeinanderfolgend erscheinen, Werte von 1 oder mehr enthalten, und Werte, die 0 enthalten). Zum Beispiel wird unter einer Bedingung, die den Referenzwert D0 von 1 und den Abweichungsbereich von  $\pm 1$  und 0 zulässt, der erste Bereich H1 so festgelegt, dass er einen Bereich {0, 1, 2}, in dem die Obergrenze DH 2 ist und die Untergrenze DL 0 ist, aufweist. In diesem Fall, zum Beispiel im Zeitraum 173, erscheinen die Werte innerhalb des ersten Bereichs H1 fünfmal aufeinanderfolgend und können so als Anomaliezeichen erkannt werden.

**[0080]** Fig. 18 zeigt ein weiteres Beispiel, das ein anderes AE-Signal zur Bestimmung verwendet. Fig. 18 zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Teils, der dem Zeitraum 151 von Fig. 15 entspricht. Als Beispiel für die Schwellenwerteneinstellung wird die Anzahl aufeinanderfolgender Male N auf 10 gesetzt. Der erste Bereich H1 wird so eingestellt, dass der Referenzwert D0 2 ist und der Abweichungsbereich  $\pm 2$  ist, einschließlich der ganzen Zahl 1 oder mehr. Der erste Bereich H1 wird nämlich so eingestellt, dass er einen Bereich {1, 2, 3, 4} aufweist, in dem die Obergrenze DH 4 und die Untergrenze DL 1 ist. Mit diesen Einstellungen führt die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung 92 die Anomaliezeichenbestimmung auf eine ähnliche Weise wie oben beschrieben durch. Zum Beispiel erscheinen im Zeitraum 181 die Werte im ersten Bereich H1 zehnmal aufeinanderfolgend und können daher als Anomaliezeichen erkannt werden.

**[0081]** Der Referenzwert D0 wird zum Beispiel dynamisch auf 2 gesetzt. Zum Beispiel wird angenommen, dass der Referenzwert D0 zunächst auf 1 gesetzt ist. Wenn dann der Indexwert ED von 2 in einem gewissem Ausmaß erscheint, wird der Referenzwert D0 entsprechend auf 2 aktualisiert. Danach wird der Referenzwert D0 entsprechend dem Wert des Indexwertes ED, der in einem gewissem Ausmaß erscheint, aktualisiert.

**[0082]** Das Anomaliezeichen-Erkennungssystem nutzt die oben beschriebene Bestimmung, um das Anomaliezeichen zu erkennen, bevor eine Anomalie eines Werkzeugs oder dergleichen auftritt, so dass es

möglich ist, Maßnahmen wie die Betriebsstopsteuerung zu ergreifen.

**[0083]** Fig. 19 zeigt ein weiteres Beispiel, das ein anderes AE-Signal zur Bestimmung verwendet. Fig. 19 zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Teils, der dem Zeitraum 161 von Fig. 16 entspricht. Als Beispiel für die Schwellenwerteneinstellung wird die Anzahl der aufeinanderfolgenden Male N auf 5 gesetzt. Der erste Bereich H1 wird so eingestellt, dass der Referenzwert D0 6 ist und der Abweichungsbereich  $\pm 1$  ist, einschließlich der ganzen Zahl 1 oder mehr. Der erste Bereich H1 wird nämlich so eingestellt, dass er einen Bereich {5, 6, 7}, in dem die Obergrenze DH 7 ist und Untergrenze DL 5 ist, aufweist. Der Referenzwert D0 wird dynamisch auf 6 gesetzt. Mit diesen Einstellungen führt die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung 92 die Anomaliezeichenbestimmung auf eine ähnliche Weise durch wie oben beschrieben. Zum Beispiel erscheinen im Zeitraum 191 die Werte innerhalb des ersten Bereichs H1 fünfmal hintereinander und können so als Anomaliezeichen erkannt werden.

**[0084]** Als weiteres Beispiel für die Schwellenwerteneinstellung kann eine Bedingung hinzugefügt werden, bei der die Anzahl aufeinanderfolgender Male N mit demselben Wert innerhalb des ersten Bereichs H1 aufeinanderfolgen muss. Zum Beispiel wird die Anzahl aufeinanderfolgender Male N auf 5 oder mehr mit demselben Wert gesetzt. In diesem Fall erscheint zum Beispiel im Zeitraum 192 der Indexwert ED von 6 fünfmal aufeinanderfolgend und kann daher als Anomaliezeichen erkannt werden. Eine ähnliche Bestimmung kann selbst in dem Fall durchgeführt werden, in dem der Abweichungsbereich nicht gesetzt ist.

[Beispiel (2) für die Anomaliezeichenbestimmung]

**[0085]** Fig. 20 zeigt ein Beispiel für die Veränderung der Amplitude der AE-Welle und der AE-Ereignisrate über einen langen Zeitraum und ein Beispiel für eine zweistufige Anomaliezeichenbestimmung. (A) zeigt die Veränderung der Amplitude des AE-Signals. (B) zeigt die Veränderung der AE-Ereignisrate entsprechend (A) und eine Zeitreihe. Da die Zeitachse lang ist, werden die AE-Ereignisraten bei der Mehrzahl von Zeiteinheiten TU von (B) in zeitlich komprimierter Weise dargestellt. Zum Beispiel ist zum Zeitpunkt 201 eine Beschädigung oder ein Bruch als Werkzeuganomalie aufgetreten. Im Fall des Beispiels gemäß dem Stand der Technik, das die Amplitude wie in (A) gezeigt verwendet, um das Anomaliezeichen zu bestimmen, ist eine Erkennung möglich, da die Amplitude im Zeitraum 202, der unmittelbar vor der Werkzeuganomalie zum Zeitpunkt 201 liegt, groß wird. Aber selbst dann, wenn das Anomaliezeichen zu diesem Zeitpunkt erkannt würde, wäre es zu spät, um irgendwelche Maßnahmen zu ergreifen, und der Grad der Zerstörung wäre zu groß. Bei dem Beispiel des Stands

der Technik ist die Amplitude im Zeitraum vor dem Zeitraum 202 klein, wodurch das Anomaliezeichen nicht erkannt werden kann.

**[0086]** Im Gegensatz dazu kann in dem Fall, der bei dem Anomaliezeichen-Erkennungssystem die AE-Ereignisrate gemäß der vorliegenden Ausführungsform zur Bestimmung verwendet, wie in (B) gezeigt, das Anomaliezeichen lange vor der Werkzeuganomalie zum Zeitpunkt 201 erkannt werden. Zum Beispiel wird die Bestimmung mit der ersten Schwellenwerteneinstellung durchgeführt, so dass eine Anomaliezeichenerkennung erster Stufe zu jedem Zeitpunkt innerhalb des Zeitraums 203 durchgeführt werden kann und eine Ausgabesteuerung erster Stufe entsprechend erreicht werden kann. Die erste Schwellenwerteneinstellung wird so eingestellt, dass zum Beispiel die Anzahl aufeinanderfolgender Male N 10 ist und der erste Bereich H1 {1, 2, 3} ist. Die Ausgabesteuerung erster Stufe ist zum Beispiel eine erste Alarmausgabe. Der erste Alarm ist ein Alarm, der anzeigt, dass das Lebensende des Werkzeugs 3 nahe ist.

**[0087]** Darüber hinaus wird zum Beispiel eine zweite Schwellenwerteneinstellung verwendet, um eine Bestimmung zweiter Stufe durchzuführen, so dass zu jedem Zeitpunkt innerhalb des Zeitraums 204 eine Anomaliezeichenerkennung zweiter Stufe durchgeführt werden kann und eine Ausgabesteuerung zweiter Stufe entsprechend erreicht werden kann. Die zweite Schwellenwerteneinstellung wird so eingestellt, dass zum Beispiel die Anzahl aufeinanderfolgender Male N 10 ist und der erste Bereich H1 {1, 2, 3, 4, 5} ist. Die Ausgabesteuerung zweiter Stufe ist zum Beispiel eine zweite Alarmausgabe oder die Betriebsstopsteuerung. Der zweite Alarm ist ein Alarm, der anzeigt, dass das Ausmaß der Anomalie größer als beim ersten Alarm ist. Ähnlich können auch drei oder mehr Stufen der Bestimmung durchgeführt werden. Der Zeitraum 204 kann zum Beispiel von einigen Sekunden bis zu einigen zehn Sekunden vor der Werkzeuganomalie zum Zeitpunkt 201 reichen, und somit würde es einen zeitlichen Spielraum geben. Der Zeitraum 203 kann ein weiterer früherer Zeitraum sein.

[AE-Wellenform bei der  
Bearbeitung und Nicht-Bearbeitung]

**[0088]** Fig. 21 zeigt ein Beispiel der AE-Wellenform zur Zeit der Bearbeitung und der Nicht-Bearbeitung in einer Zeitreihe. Die Bearbeitungszeit TP ist die Bohrzeit für ein Loch und die Nichtbearbeitungszeit TN ist die Zeit in einem Nichtbearbeitungszustand zwischen den Bearbeitungszeiten TP.

**[0089]** Während der Nichtbearbeitungszeit TN ist das Werkzeug 3 nicht mit dem Werkstück 4 in Kontakt, wodurch keine AE-Welle vom Burst-Typ oder dergleichen erzeugt wird. Das Steuergerät 10 kann

aus der Wellenform eines derartigen AE-Signals die Bearbeitungszeit TP und die Nichtbearbeitungszeit TN erkennen. Dies kann für die Bearbeitungssteuerung verwendet werden. Das Steuergerät **10** kann die auf dieser Erkennung basierende Anomaliezeichenbestimmung zum Beispiel nur während der Bearbeitungszeit TP durchführen.

[Einstellung der Zeiteinheit]

**[0090]** Nachfolgend werden zusätzlich Gründe und dergleichen für das Einstellen der Zeiteinheit TU in der AE-Ereignisrate als eine Umdrehungszeit (entsprechend dem Umdrehungszyklus) des Werkzeugs **3** beschrieben. Wie in **Fig. 12** und dergleichen gezeigt ist, stellt das Steuergerät **10** die Zeiteinheit TU als eine Umdrehungszeit ein und berechnet die AE-Ereignisrate pro Zeiteinheit TU in einer Zeitreihe. Auf diese Weise erscheinen Phänomene wie beispielsweise das Aufeinanderfolgen und die Sättigung der AE-Ereignisraten als geeignete Phänomene für die Anomaliezeichenbestimmung, wie bei den in den **Fig. 14** bis **Fig. 19** gezeigten Beispielen.

**[0091]** Einer der Gründe für die (dem AE-Ereignis entsprechende) AE-Welle vom Burst-Typ, die zur Zeit der Bearbeitung in der AE-Welle auftritt, wie in **Fig. 8** und dergleichen dargestellt, besteht darin, dass bei der Bearbeitung erzeugte Späne am Werkzeug **3** haften und die Bearbeitung durchgeführt wird, während sich diese Späne in Stellen zwischen dem Werkzeug **3** und einem Loch des Werkstücks **4** einfrassen. Die Späne setzen sich in der Nut und der Schneidkante des Werkzeugs **3** fest. In einem solchen Fall tritt ein Zerstörungsphänomen an dem Werkzeug **3** oder dergleichen auf. Es wird davon ausgegangen, dass die AE-Welle vom Burst-Typ (entspricht AE-Ereignis) basierend auf diesem Zerstörungsphänomen erzeugt wird. Basierend auf der obigen Überlegung kann die Anhaftung und Trennung der Späne aus dem Übergang der Dichte des Auftretens des AE-Ereignisses pro Umdrehungszeit des Werkzeugs **3** abgeschätzt werden. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass es eine Obergrenze für die Menge an Spänen gibt, die an dem Werkzeug **3** anhaften können. Daher wird davon ausgegangen, dass es eine Obergrenze für die Häufigkeit des Zerstörungsphänomens gibt, das während einer Umdrehungszeit verursacht durch das Anhaften der Späne auftritt. Daraus ergibt sich, dass die Phänomene der Aufeinanderfolge und der Sättigung in Bezug auf die AE-Ereignisrate, wie in **Fig. 20** und dergleichen gezeigt, auftreten.

**[0092]** **Fig. 23** zeigt ein Beispiel für den Zustand des Werkzeugs entsprechend dem Fall, in dem die AE-Welle vom Burst-Typ erzeugt wird. Man geht davon aus, dass die AE-Welle vom Burst-Typ erzeugt wird, wenn Späne, die zur Zeit des Schneidens gebildet werden, an der Schneidkante des Bohrers, der das Werkzeug darstellt, anhaften und sich in der Nut an-

sammeln. Der in **Fig. 23** dargestellte Zustand ist ein Zustand der Schneidkante des Bohrers, der beobachtet wird, wenn das Anomaliezeichen mit einer bestimmten SchwellenwertEinstellung erkannt wird und der Betriebsstopp in dem System entsprechend der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt wird. Dieser Zustand ist ein anomaler Zustand, in dem die Späne an der Schneidkante haften. Wenn die Bearbeitung in einem solchen Zustand fortgesetzt wurde, wurde die Erzeugung der AE-Welle vom Burst-Typ bestätigt. In einem derartigen Zustand setzen die Späne wahrscheinlich fest, was zum Bruch oder zur Beschädigung des Werkzeugs führt, wenn die Bearbeitung fortgesetzt wird.

**[0093]** Abhängig davon, wie die Zeiteinheit TU eingestellt ist, würden die Phänomene der Aufeinanderfolge und Sättigung der oben beschriebenen AE-Ereignisrate nicht immer auftreten. In einem solchen Fall wäre es nicht möglich, eine geeignete Anomaliezeichenerkennung durchzuführen. Es ist nämlich notwendig, eine geeignete Zeiteinheit TU auszuwählen und einzustellen. Wenn die Zeiteinheit TU zum Beispiel so eingestellt ist, dass sie ausreichend kürzer als eine Umdrehungszeit des Werkzeugs **3** ist, wären die Werte der AE-Ereignisraten nicht aufeinanderfolgend. Wenn zusätzlich die Zeiteinheit TU so eingestellt ist, dass sie ausreichend länger als eine Umdrehungszeit des Werkzeugs **3** ist (wie beispielsweise auf 1 Sekunde), würden die oben beschriebenen Phänomene nicht auftreten, aber es ein Phänomen eines plötzlichen Anstiegs auftreten. Dieser Fall ähnelt dem Bestimmungsverfahren des Beispiels gemäß dem Stand der Technik, und es wäre unmöglich, eine geeignete Detektion durchzuführen.

**[0094]** Außerdem würde, wenn man die Zeit durch die Zeiteinheit TU dividiert, wenn keine geeignete Zeiteinheit TU eingestellt ist, die Zeit dividiert, ohne zwischen der Bearbeitungszeit TP und der Nichtbearbeitungszeit TN zu unterscheiden, wie in **Fig. 21** dargestellt (insbesondere die Zeit, während der das Werkzeug **3** nicht in Kontakt mit dem Werkstück **4** ist). Daher wird in dem Fall, in dem die Zeiteinheit TU zu lang ist, ein Anteil der Bearbeitungszeit TP innerhalb der geteilten Zeit kurz, wodurch die Genauigkeit der Anomaliezeichenerkennung verschlechtert wird.

[SchwellenwertEinstellung]

**[0095]** Der für die AE-Ereigniserkennung verwendete Schwellenwert und der für die Anomaliezeichenbestimmung verwendete Schwellenwert kann entweder ein statisch oder ein dynamisch gesetzter Wert sein. Die Anzahl aufeinanderfolgender Male N und der erste Bereich **H1** können je nach Art, Material, Abmessungen und Drehfrequenz des Werkzeugs **3**, Art, Material, Abmessungen, Bearbeitungsart und Belastung des Werkstücks **4** und dergleichen eingestellt werden. Zum Beispiel kann die Anzahl aufeinander-

folgender Male N auf 3, 5, 10, 15 oder dergleichen eingestellt werden, ist aber nicht darauf beschränkt.

**[0096]** Ein Beispiel für ein Verfahren, das die AE-Ereignisrate verwendet, um den Schwellenwert für die Anomaliezeichenbestimmung dynamisch einzustellen, ist wie folgt. Das Steuergerät **10** misst vergangene Daten (zum Beispiel einige Zeiteinheiten TU) aus dem empfangenen AE-Signal und bestimmt und setzt den Schwellenwert aus den gemessenen Daten. Zum Beispiel bestimmt die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** und setzt den ersten Bereich **H1** und die Anzahl aufeinanderfolgender Male N. Die Anomaliezeichen-Bestimmungsschaltung **92** verwendet diesen Schwellenwert, um ihn mit dem letzten Indexwert ED zu vergleichen, und bestimmt, ob das Anomaliezeichen vorhanden ist. Ähnlich aktualisiert das Steuergerät **10** den Schwellenwert nach einer bestimmten Zeitspanne aus vergangenen Daten.

**[0097]** Andere Verfahren sind die folgenden. Die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** des Steuergeräts **10** zählt für jeden Wert des Indexwertes ED, der auftritt, die Anzahl der Erscheinungen des Indexwertes ED aus dem AE-Signal. Bei dem Beispiel von **Fig. 18** erscheint zunächst der Indexwert ED von 2, der dann dreimal aufeinanderfolgend erscheint. Die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** zählt die Anzahl aufeinanderfolgender Male für den Indexwert ED von 2. Wenn der Indexwert ED von 2 eine bestimmte Anzahl von Malen erscheint, aktualisiert die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** den Referenzwert **D0** innerhalb des ersten Bereichs **H1** auf 2. Danach erscheint zum ersten Mal der Indexwert ED von 3, der dann dreimal aufeinanderfolgend erscheint. Ähnlich zählt die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** die Anzahl aufeinanderfolgender Male für den Indexwert ED von 3 und aktualisiert, wenn der Indexwert ED von 3 eine bestimmte Anzahl von Malen erscheint, den Referenzwert **D0** auf 3. Die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** kann zum Beispiel den Wert des Indexwertes ED, der am häufigsten erschienen ist, als Referenzwert **D0** einstellen. Auf diese Weise kann der erste Bereich **H1** dynamisch geändert werden. Zusätzlich kann die Schwellenwert-Einstellschaltung **94** den ersten Bereich **H1** entsprechend einem Abweichungsbereich des Auftretens jedes Wertes des Indexwertes ED dynamisch einstellen.

**[0098]** Das Anwenden des Bestimmungsverfahrens, das auf der dynamischen Schwellenwerteinstellung für das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform basiert, ermöglicht, dass die Erkennung von Anomaliezeichen durchgeführt wird, ohne von einer bestimmten Schwellenwerteinstellung abhängig zu sein. Bei diesem Bestimmungsverfahren ist es möglich, Bearbeitungsbedingungen zum Beispiel für das Werkstück **4** oder dergleichen aus einem unbekanntem Material angemessen zu erkennen.

[GUI-Bildschirm]

**[0099]** Das Steuergerät **10** zeigt Informationen wie beispielsweise die AE-Welle des AE-Signals, das AE-Ereignis, die AE-Ereignisrate und den für die Bestimmung verwendeten Schwellenwert auf einem Anzeigebildschirm der Anzeigeeinrichtung **105**, des Oszilloskops **72** oder dergleichen über die GUI an. Die ermöglicht es dem Nutzer, die Einstellungen zu bestätigen oder einzustellen. Informationen einschließlich Grafiken, wie sie zum Beispiel in den **Fig. 12**, **Fig. 14** bis **Fig. 16**, **Fig. 17** bis **Fig. 19** und **Fig. 20** dargestellt sind, können auf dem Bildschirm angezeigt werden.

**[0100]** **Fig. 22** zeigt ein Beispiel für den GUI-Bildschirm. Bei diesem Bildschirmbeispiel können die Anzahl aufeinanderfolgender Male N und der erste Bereich **H1** bestätigt und als die Schwellenwerte eingestellt werden, die für die Anomaliezeichenbestimmung der Anomalie basierend auf der Betätigung des Nutzers verwendet werden. Für jedes Werkzeug **3** können verschiedene Einstellungen und dergleichen vorgenommen werden. In einem Modifikationsbeispiel ist es für den Nutzer möglich, die Zeiteinheit TU einzustellen.

[Effekte und dergleichen]

**[0101]** Wie oben beschrieben, erlaubt das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform, dass das Anomaliezeichen bei dem Werkzeug **3** oder dergleichen der Arbeitsmaschine **1** mit hoher Empfindlichkeit erkannt wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, die Anomaliezeichenerkennung, die für verschiedene Bearbeitungsbedingungen äußerst vielseitig ist, zu erzielen. Im Vergleich zu dem Bestimmungsverfahren des Beispiels gemäß dem Stand der Technik, das die Spannung oder den Strom der AE-Welle, die Dauer, die Schneidkraft, die Beschleunigung oder dergleichen verwendet, ermöglicht es das Verfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform, das die AE-Ereignisrate verwendet, um das Anomaliezeichen zu bestimmen, dass das Anomaliezeichen mit hoher Genauigkeit erkannt wird, selbst wenn das Signal klein ist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen, bevor ein Bruch oder eine teilweise Beschädigung des Werkzeugs **3** auftritt. Selbst wenn dem Bediener, der die Bearbeitung durchführt, die Fachkenntnisse fehlen, kann der Bediener Ergebnisse der Anomaliezeichenerkennung bestätigen und Operationen effizient durchführen, während ein Bruch oder eine teilweise Beschädigung verhindert wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann jedes Werkzeug **3** bis unmittelbar vor Erreichen seines Lebensendes eingesetzt werden, wodurch es möglich ist, die Effizienz der Bearbeitung zu verbessern und die Kosten zu verringern. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann eine

Erkennung vor dem Bruch des Werkzeugs **3** selbst dann möglich sein, wenn das Ausmaß der Anomalie gering ist. Daher ist es möglich, zu verhindern, dass der abgebrochene Teil des Werkzeugs **3** in dem Werkstück **4** vergraben wird und zu verhindern, dass das Werkstück **4** nicht mehr repariert werden kann, wodurch es sehr gut möglich ist, das beschädigte Werkstück **4** in einem frühen Stadium zu reparieren.

**[0102]** Bei dem Beispiel des Standes der Technik ist es, wenn die Amplitude verwendet wird, um den Schwellenwert für die Bestimmung einzustellen, erforderlich, entsprechend dem Material, der Form, der Sensorposition und dergleichen des Werkzeugs oder des Werkstücks einen anderen und geeigneten Schwellenwert einzustellen. Allerdings ist das Einstellen eines solchen geeigneten Schwellenwertes schwierig. Im Gegensatz dazu kann der Schwellenwert für die Bestimmung gemäß der vorliegenden Ausführungsform leicht eingestellt werden, und dies gilt auch für Bearbeitungsbedingungen für ein unbekanntes Material oder dergleichen.

**[0103]** Wenn eine Bearbeitung eines Werkstücks oder dergleichen aus einem unbekanntem Material durchgeführt wird, wird üblicherweise eine Versuchsbearbeitung unter nicht optimalen Bearbeitungsbedingungen durchgeführt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann die Anomaliezeichen-Erkennungsfunktion verwendet werden, um mit dieser Situation umzugehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann nämlich die Bearbeitung unter nicht Bearbeitungsbedingungen, die nicht optimal sind, gestartet werden, das Anomaliezeichen kann in einem frühen Stadium erkannt werden, es kann eine Warnung ausgegeben werden, die Bearbeitungstätigkeit kann gestoppt werden, und danach kann der Nutzer die Bearbeitungsbedingungen auf geeignetere Bearbeitungsbedingungen ändern und die Bearbeitung wieder aufnehmen.

**[0104]** Die Funktion und das Verfahren zur Erkennung von Anomaliezeichen gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind nicht darauf beschränkt, auf die oben beschriebenen Beispiele für das Werkzeug **3** und die Bearbeitungsbedingungen angewandt zu werden und sie können in ähnlicher Weise auf verschiedene Arten von Arbeitsmaschinen **1**, Werkzeuge **3**, Werkstücke **4** und Bearbeitungsbedingungen angewandt werden. Bearbeitungsbeispiele, auf die die vorliegende Erfindung angewandt werden kann, beinhalten Reiben, Schleifen, Drehen und Fräsen. Sie kann auch auf einen Wendeeinsatz und dergleichen, der als Werkzeug **3** dient, angewandt werden. Ein weiteres Beispiel für das Werkzeug **3** beinhaltet einen Bohrer aus Hochgeschwindigkeitsstahl. Die Bearbeitung wurde unter Verwendung des Bohrers, der einen Durchmesser im Bereich von 0,5 mm bis 6,0 mm aufweist, durchgeführt. Außerdem wurde die Bearbeitung unter Verwendung des Trocken- und

des Nassverfahrens durchgeführt. In diesen Fällen war es möglich, zu bestätigen, dass das Anomaliezeichen basierend auf ähnlichen Phänomenen der Aufeinanderfolge und der Sättigung der AE-Ereignisrate erkannt werden kann.

**[0105]** Man beachte, dass wenn eine Bearbeitung unter bestimmten Bedingungen des Werkzeugs **3**, des Werkstücks **4** oder dergleichen durchgeführt wird, das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform dazu in der Lage ist, bis zu einem gewissen Ausmaß Merkmale der Anomalie unter den Bedingungen aus den Ergebnissen zu erkennen, die durch Beobachten und Aufzeichnen der AE-Ereignisrate oder ähnlichem erhalten werden. Zum Beispiel kann man sehen, dass das Auftreten des AE-Ereignisses nicht periodisch ist und dass die AE-Ereignisrate innerhalb von einem oder mehr bestimmten Bereichen aufeinanderfolgend auftritt. Außerdem ist zu sehen, dass die AE-Ereignisrate nicht stark ansteigt, dass die AE-Ereignisrate eine Obergrenze aufweist (das heißt eine Sättigung), und dergleichen. Basierend auf der Erkennung derartiger Merkmale kann das Anomaliezeichen-Erkennungssystem den Schwellenwert oder dergleichen für die Anomaliezeichenbestimmung bezüglich der Bearbeitung unter ähnlichen Bedingungen einstellen oder aktualisieren. Als Anwendungsbeispiel kann das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der vorliegenden Ausführungsform maschinelles Lernen verwenden, um die Anomaliezeichenbestimmung durchzuführen. Das maschinelle Lernen verwendet Daten des Indexwertes ED der AE-Ereignisrate als Eingangsgröße. Maschinelles Lernen erlaubt es einem Modell, das den Schwellenwert für die Anomaliezeichenbestimmung enthält, aktualisiert zu werden.

**[0106]** Das Folgende ist auch als Modifikationsbeispiel für das Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß der Ausführungsform möglich und kann auf das Verfahren, das die AE-Ereignisrate verwendet, um das Anomaliezeichen zu bestimmen, angewandt werden. Bei dem Modifikationsbeispiel bestimmt das Steuergerät **10** nicht die oben beschriebene Aufeinanderfolge der Anzahl aufeinanderfolgender Male **N**, sondern verwendet den Referenzwert **D0** oder den ersten Bereich **H1** als Schwellenwert, um die Bestimmung durchzuführen. Wenn der Indexwert ED des AE-Signals den Referenzwert **D0** erreicht oder in den ersten Bereich **H1** fällt, erkennt das Steuergerät **10** dies als Anomaliezeichen. Im Vorstehenden wurde die durch die vorliegenden Erfinder gemachte Erfindung basierend auf den Ausführungsformen konkret beschrieben. Allerdings ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehenden Ausführungsformen zu beschränken, und es können verschiedene Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden, ohne vom Kern der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**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 2019084214 [0001]
- WO 2009/096551 [0005]

## Patentansprüche

1. Anomaliezeichen-Erkennungssystem, das ein Anomaliezeichen bei einer Arbeitsmaschine, die ein rotierendes Werkzeug aufweist, erkennt, wobei das System aufweist:

einen AE-Sensor, der an der Arbeitsmaschine oder einem Werkstück installiert ist;  
eine Signalverarbeitungsschaltung, die ein AE-Signal von dem AE-Sensor erhält;  
eine AE-Ereignis-Erkennungsschaltung, die aus dem AE-Signal ein AE-Ereignis erkennt;  
eine AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung, die das AE-Ereignis verwendet, um eine AE-Ereignisrate, die der Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit entspricht, zu berechnen;  
eine Bestimmungsschaltung, die bestimmt, ob sich eine Vielzahl der in einer Zeitreihe angeordneten AE-Ereignisraten in einem ersten Zustand befindet, in dem die Vielzahl von AE-Ereignisraten innerhalb eines ersten Bereichs für eine erste Anzahl aufeinanderfolgender Male oder mehr aufeinanderfolgend erscheinen, und die, wenn sich die Vielzahl von AE-Ereignisraten im ersten Zustand befindet, den ersten Zustand als das Anomaliezeichen erkennt; und  
eine Ausgabesteuerungsschaltung, die eine Ausgabesteuerung durchführt, wenn das Anomaliezeichen erkannt wird, wobei die Ausgabesteuerung eine Warntonausgabe, die das Anomaliezeichen anzeigt, oder eine Bearbeitungsbetriebsstoppsteuerung enthält.

2. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei der erste Bereich eine ganze Zahl enthält, die größer oder gleich 0 ist, und der einen Bereich darstellt, in dem eine vorgegebene Abweichung in Bezug auf einen Referenzwert erlaubt ist.

3. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, das weiterhin aufweist eine Schwellenwert-Einstellschaltung, die den ersten Bereich basierend auf dem AE-Signal dynamisch einstellt.

4. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die AE-Ereignisraten-Berechnungsschaltung einen Umdrehungszyklus des Werkzeugs basierend auf Steuerungsinformationen der Arbeitsmaschine erkennt und den Umdrehungszyklus als Zeiteinheit einstellt.

5. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die AE-Ereignis-Erfassungsschaltung einen Pegel eines Spannungsschwellenwertes verwendet, um einen Zeitpunkt zu zählen, zu dem eine Spitzenamplitude einer Spannung des AE-Signals den Spannungsschwellenwert erreicht oder übersteigt, und eine Dauer der Zählung als eine AE-Zählung erfasst.

6. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die AE-Ereignis-Erfassungsschaltung einen ersten Spannungsschwellenwert und einen zweiten Spannungsschwellenwert, die zwei Pegel von Spannungsschwellenwerten darstellen, verwendet, um eine Periode von einem Zeitpunkt, zu dem eine Amplitude einer Spannung in einer Wellenform nach einer Hüllkurvenerkennung aus dem AE-Signal den ersten Spannungsschwellenwert übersteigt, bis zu einem Zeitpunkt, zu dem sie sich auf den zweiten Spannungsschwellenwert oder weniger verringert, als ein AE-Ereignis zu erfassen.

7. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die Bestimmungsschaltung eine Vielzahl von Schwellenwerten in einer Vielzahl von Stufen einschließlich eines ersten Schwellenwertes in einer ersten Stufe und eines zweiten Schwellenwertes in einer zweiten Stufe als Schwellenwerte einschließlich des ersten Bereichs und die erste Anzahl aufeinanderfolgender Male verwendet, um zu bestimmen, ob sich der Indexwert in dem ersten Zustand befindet, und die Ausgabesteuerungsschaltung abhängig davon, in welcher Stufe das Anomaliezeichen bestimmt wurde, eine andere Ausgabesteuerung durchführt.

8. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1 wobei der AE-Sensor auf einer Hauptwelle, mit der das Werkzeug verbunden ist, installiert ist.

9. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei der AE-Sensor auf dem Werkstück installiert ist.

10. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei der AE-Sensor auf einem Schraubstock oder einem Tisch, an dem das Werkstück befestigt ist, installiert ist.

11. Anomaliezeichen-Erkennungssystem gemäß Anspruch 1, wobei eine Zeitreihengrafik des Indexwertes und ein Schwellenwert für die Bestimmung auf einem Anzeigebildschirm angezeigt werden.

12. Anomaliezeichen-Erkennungsverfahren für ein Anomaliezeichen-Erkennungssystem, das ein Anomaliezeichen bei einer Arbeitsmaschine, die ein rotierendes Werkzeug aufweist, erkennt, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

Erhalten eines AE-Signals von einem AE-Sensor, der auf der Arbeitsmaschine oder einem Werkstück installiert ist;  
Erkennen eines AE-Ereignisses aus dem AE-Signal;  
Verwenden des AE-Ereignisses, um eine AE-Ereignisrate, die der Anzahl der AE-Ereignisse pro Zeiteinheit entspricht, zu berechnen;  
Bestimmen, ob sich eine Vielzahl von AE-Ereignisraten, die in einer Zeitreihe angeordnet sind, in einem ersten Zustand befindet, in dem die Vielzahl von

AE-Ereignisraten innerhalb eines ersten Bereichs für eine erste Anzahl aufeinanderfolgender Male oder mehr aufeinanderfolgend erscheinen, und, wenn sich die Vielzahl von AE-Ereignisraten in dem ersten Zustand befindet, Erkennen des ersten Zustands als das Anomaliezeichen; und  
Durchführen einer Ausgabesteuerung, wenn das Anomaliezeichen erkannt wird, wobei die Ausgabesteuerung eine Warnungsausgabe, die das Anomaliezeichen anzeigt, oder eine Bearbeitungsbetriebsstoppsteuerung enthält.

Es folgen 21 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

ANOMALIEZEICHEN-ERKENNUNGSSYSTEM

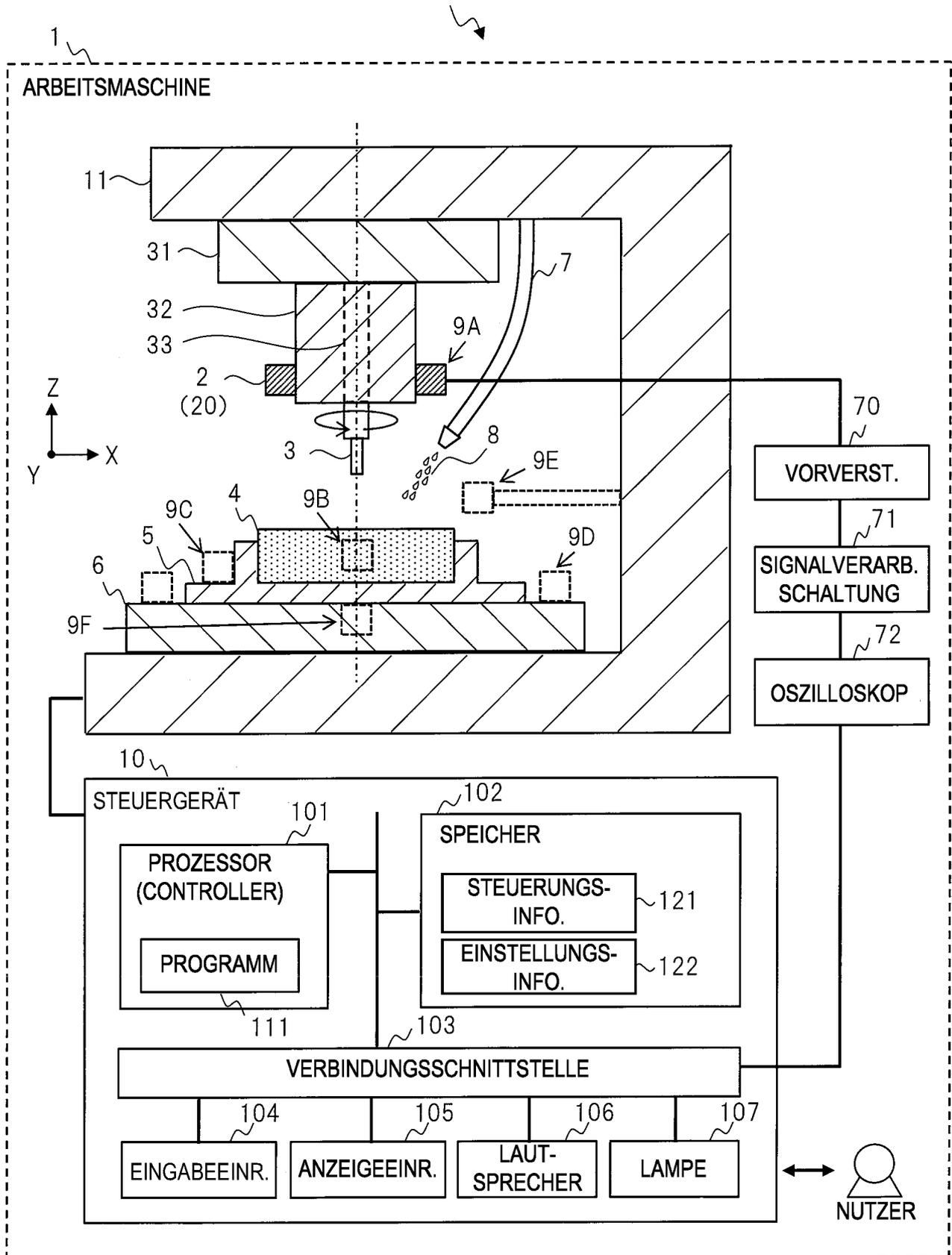


FIG. 2

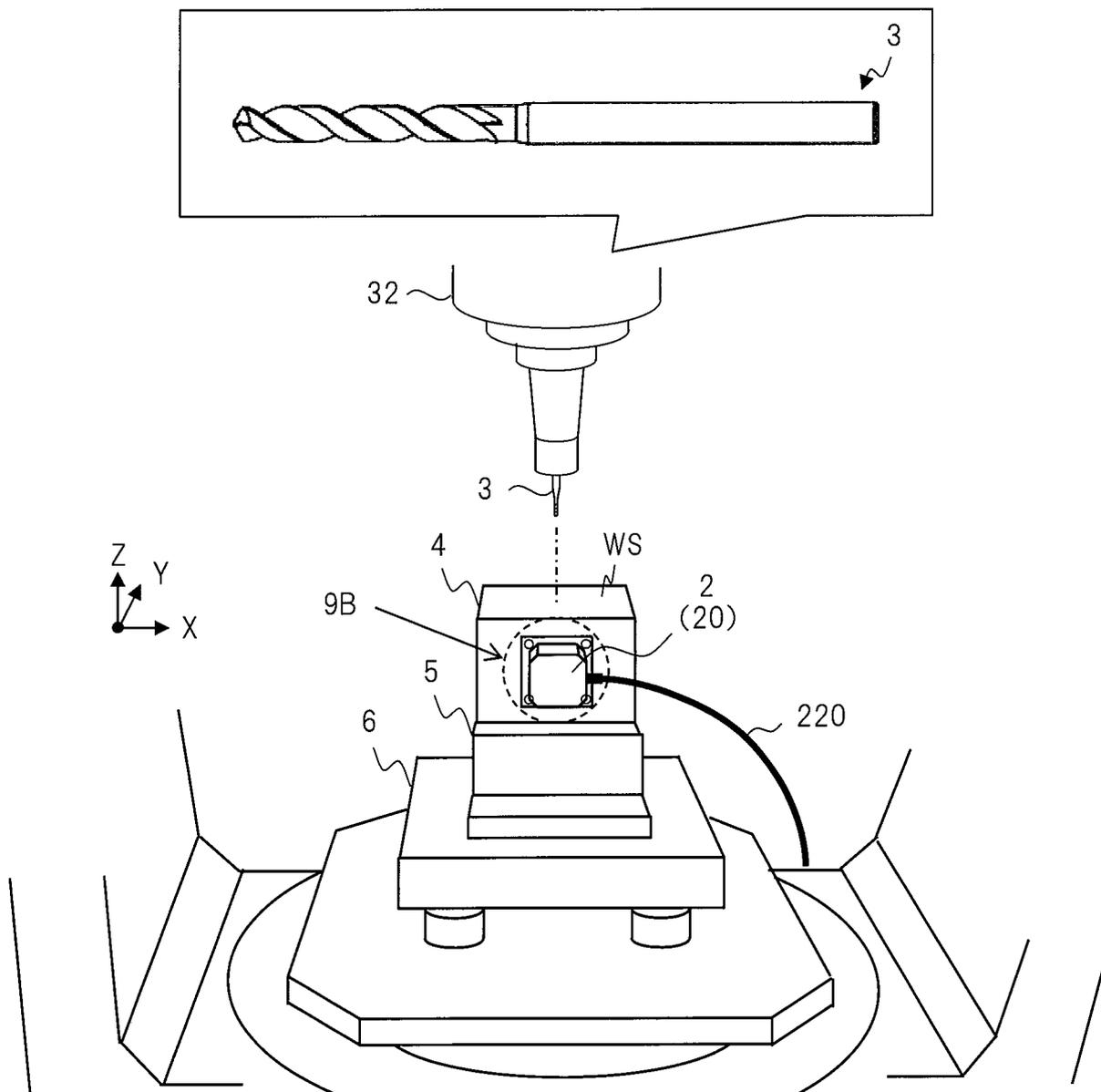


FIG. 3

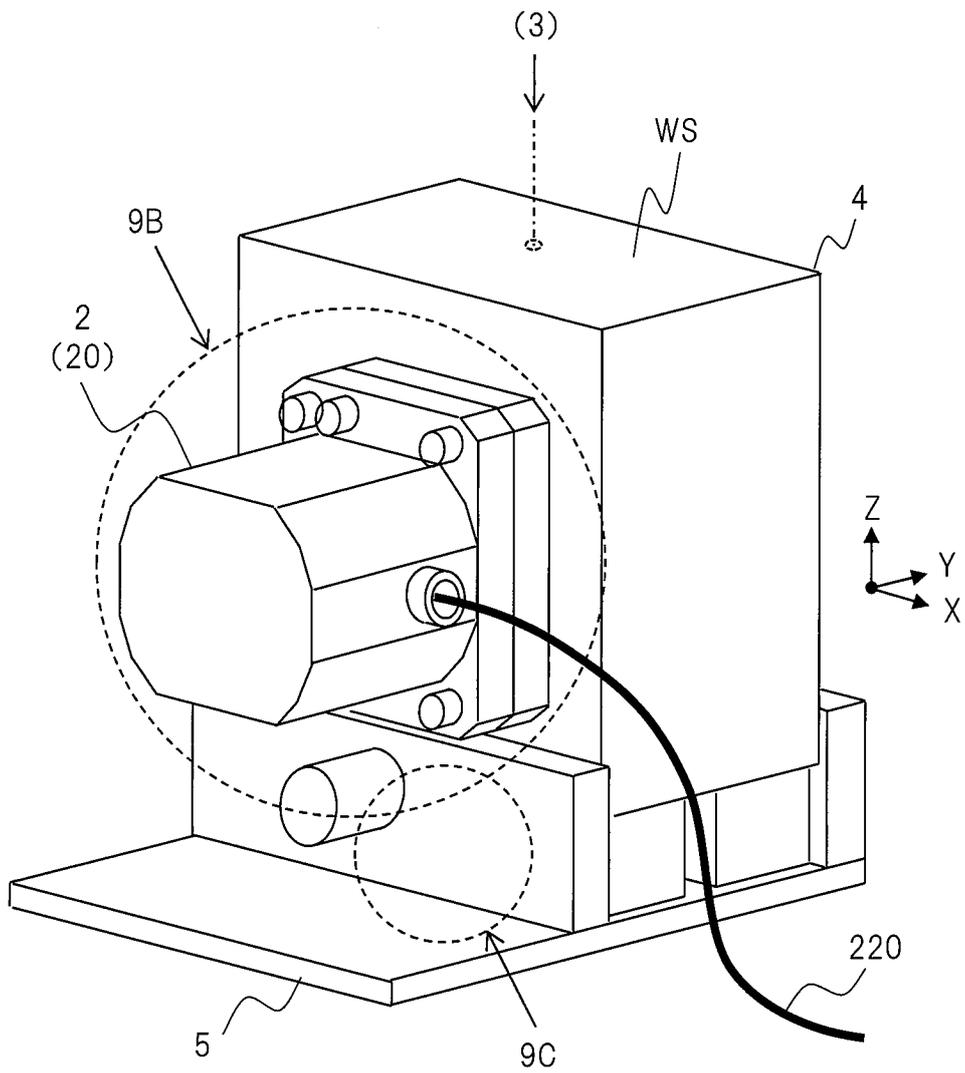


FIG. 4

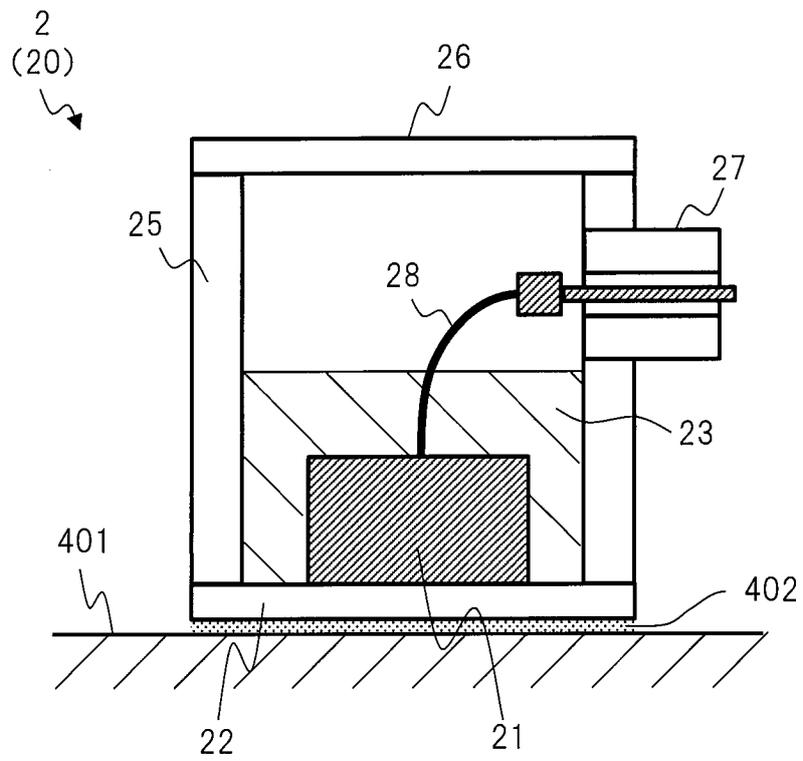
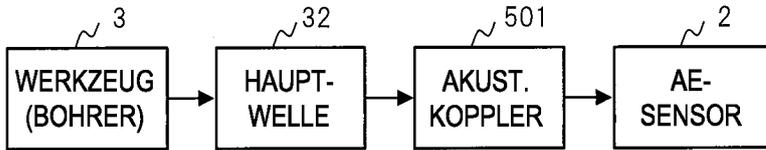
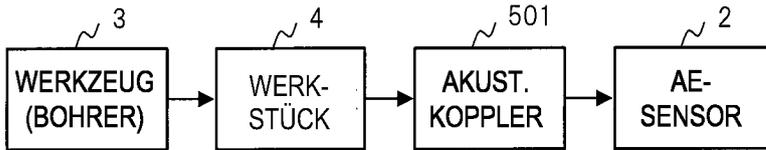


FIG. 5

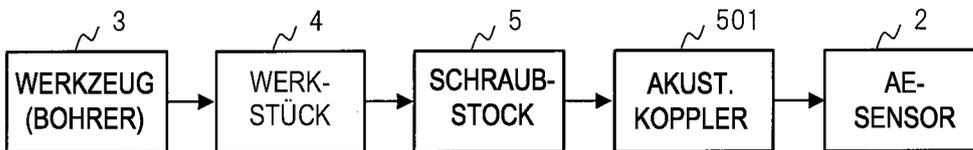
(A) INSTALLATIONSBEISPIEL 9A: HAUPTWELLE 32



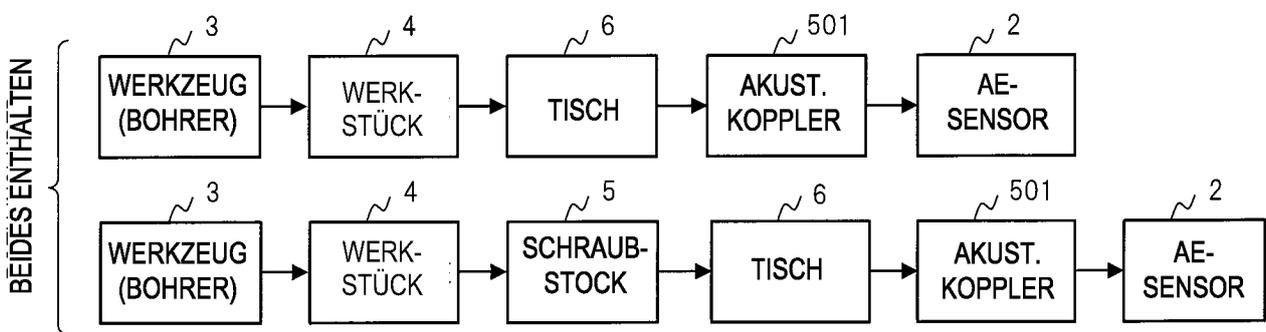
(B) INSTALLATIONSBEISPIEL 9B: WERKSTÜCK 4



(C) INSTALLATIONSBEISPIEL 9C: SCHRAUBSTOCK 5



(D) INSTALLATIONSBEISPIEL 9D: TISCH 6



(E) INSTALLATIONSBEISPIEL 9E: KEIN KONTAKT

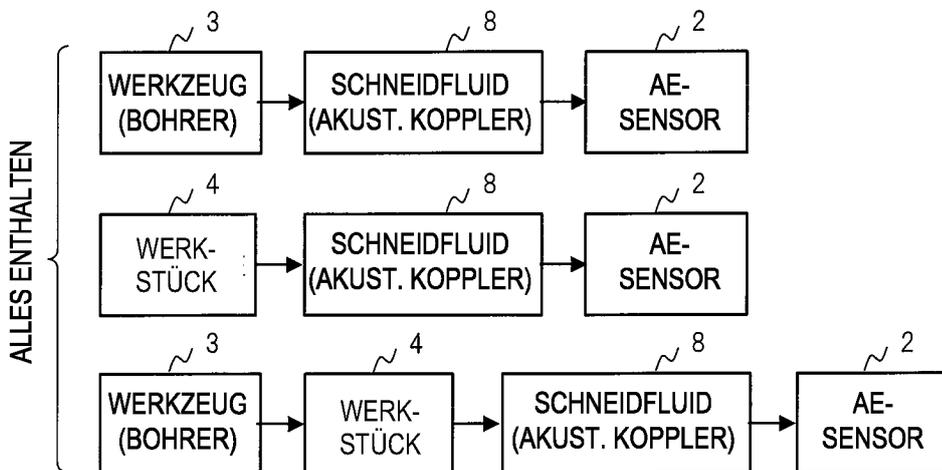


FIG. 6

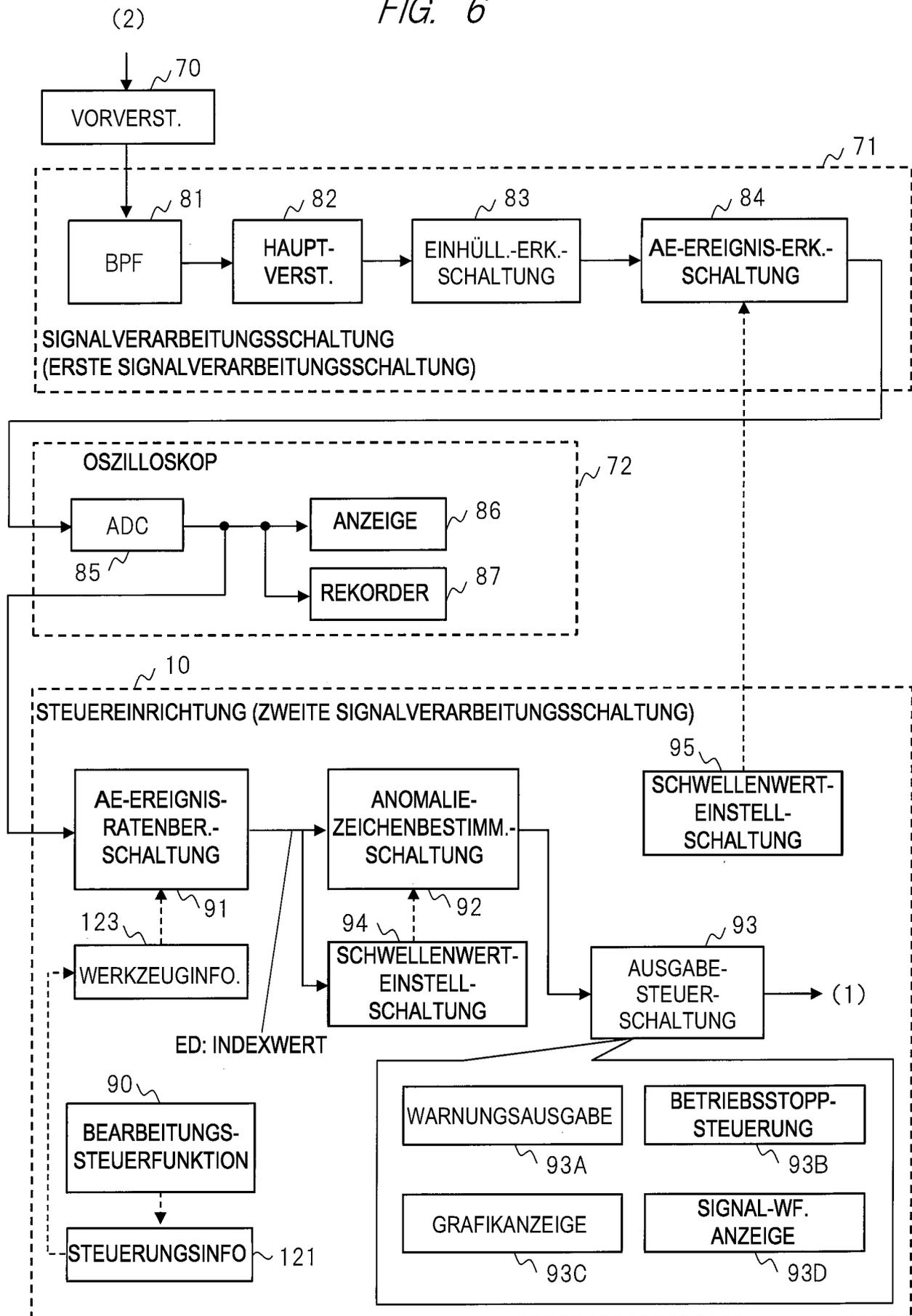


FIG. 7

ANOMALIEZEICHEN-ERKENNUNGSFUNKTION: VERARBEITUNGSABLAUF

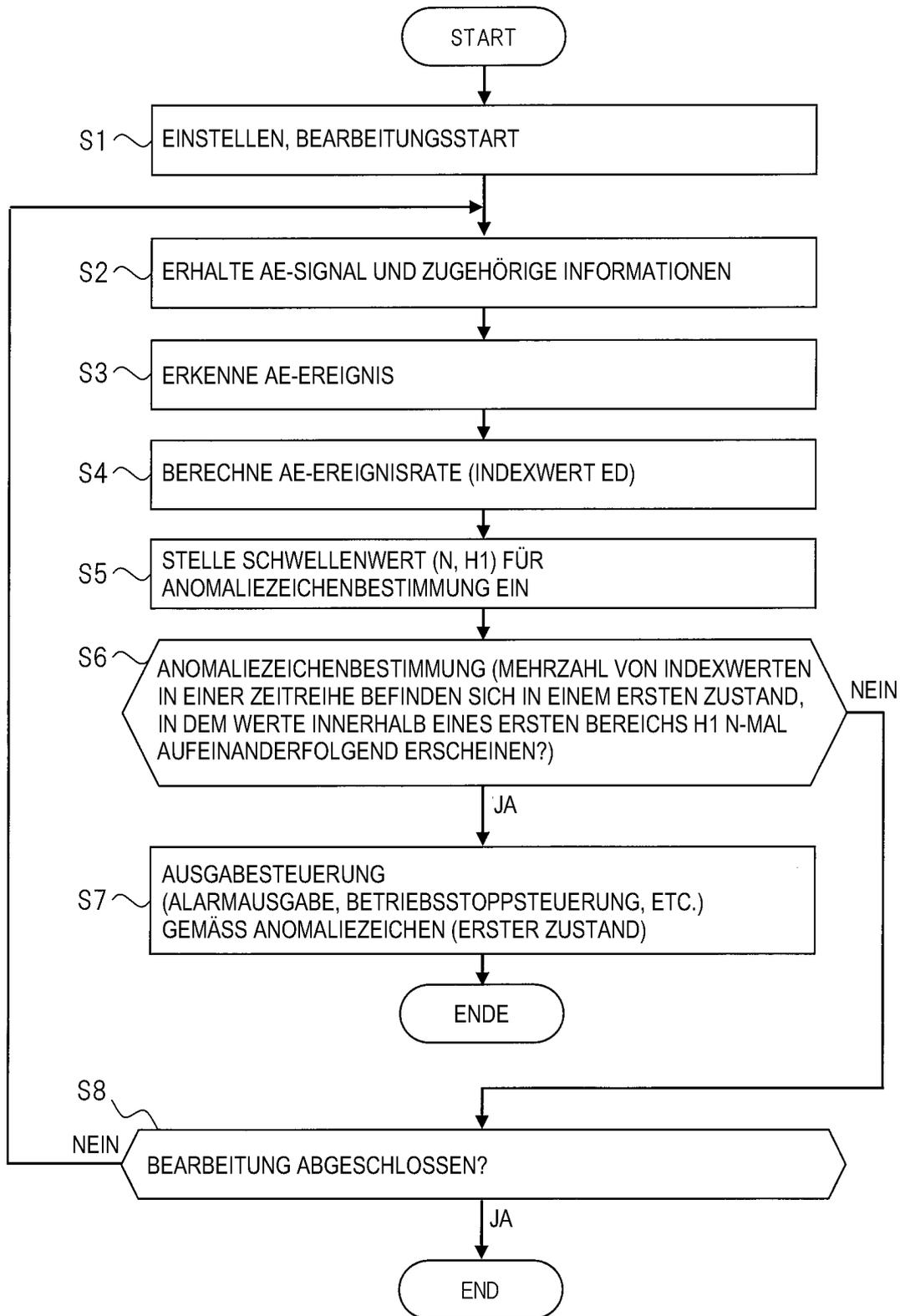


FIG. 8

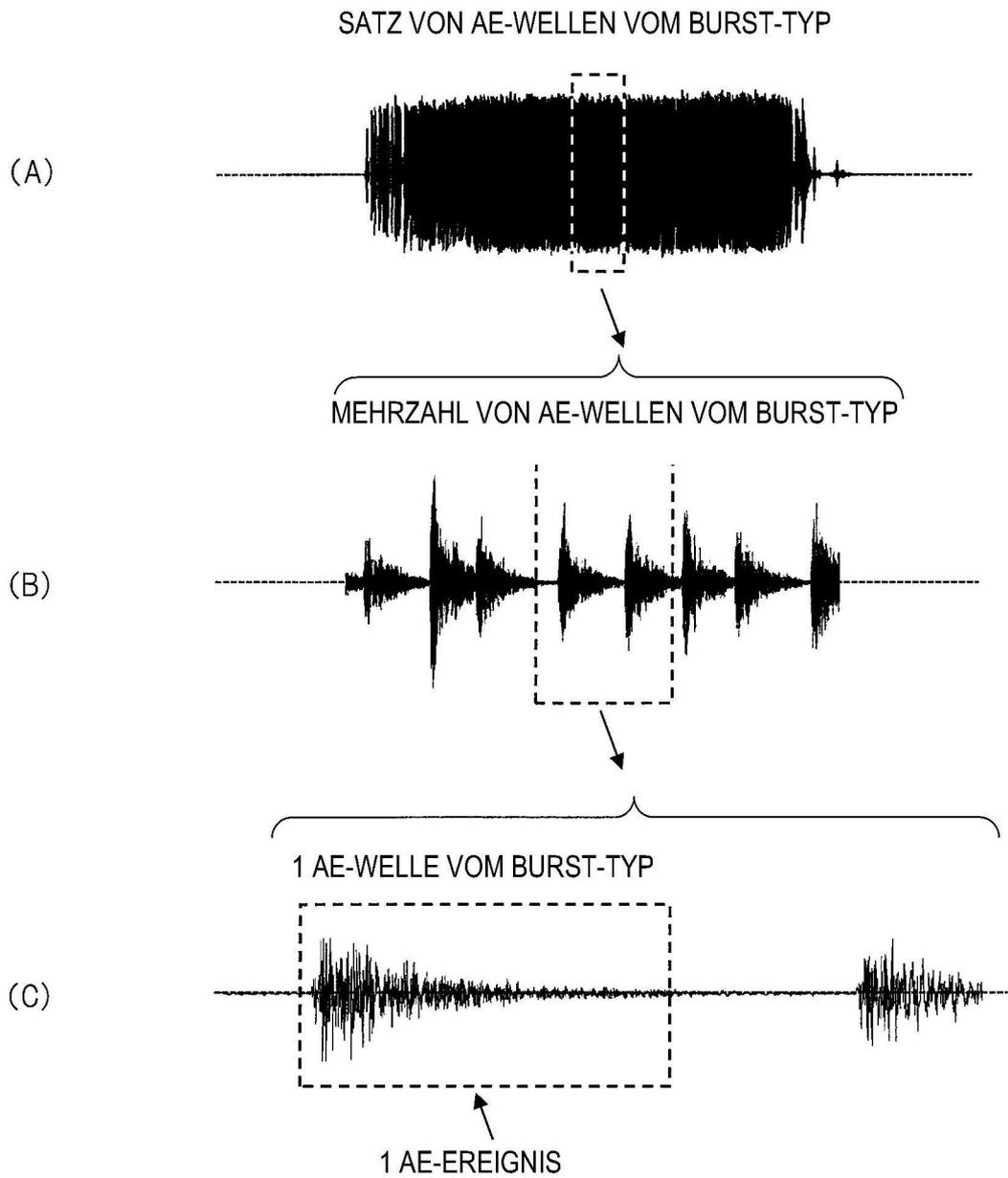


FIG. 9

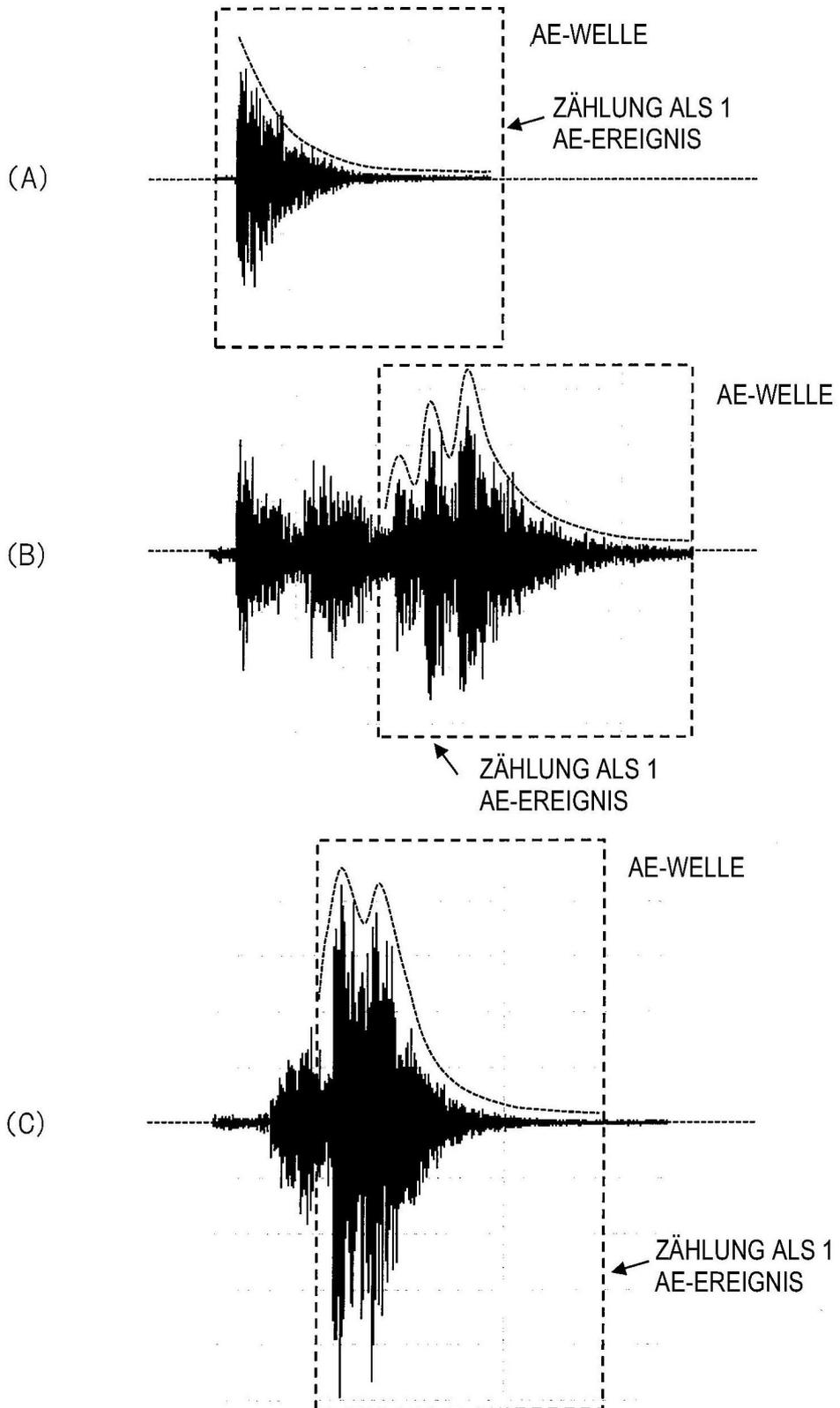


FIG. 10

<AE-EREIGNIS-ERKENNUNGSVERFAHREN (1)>

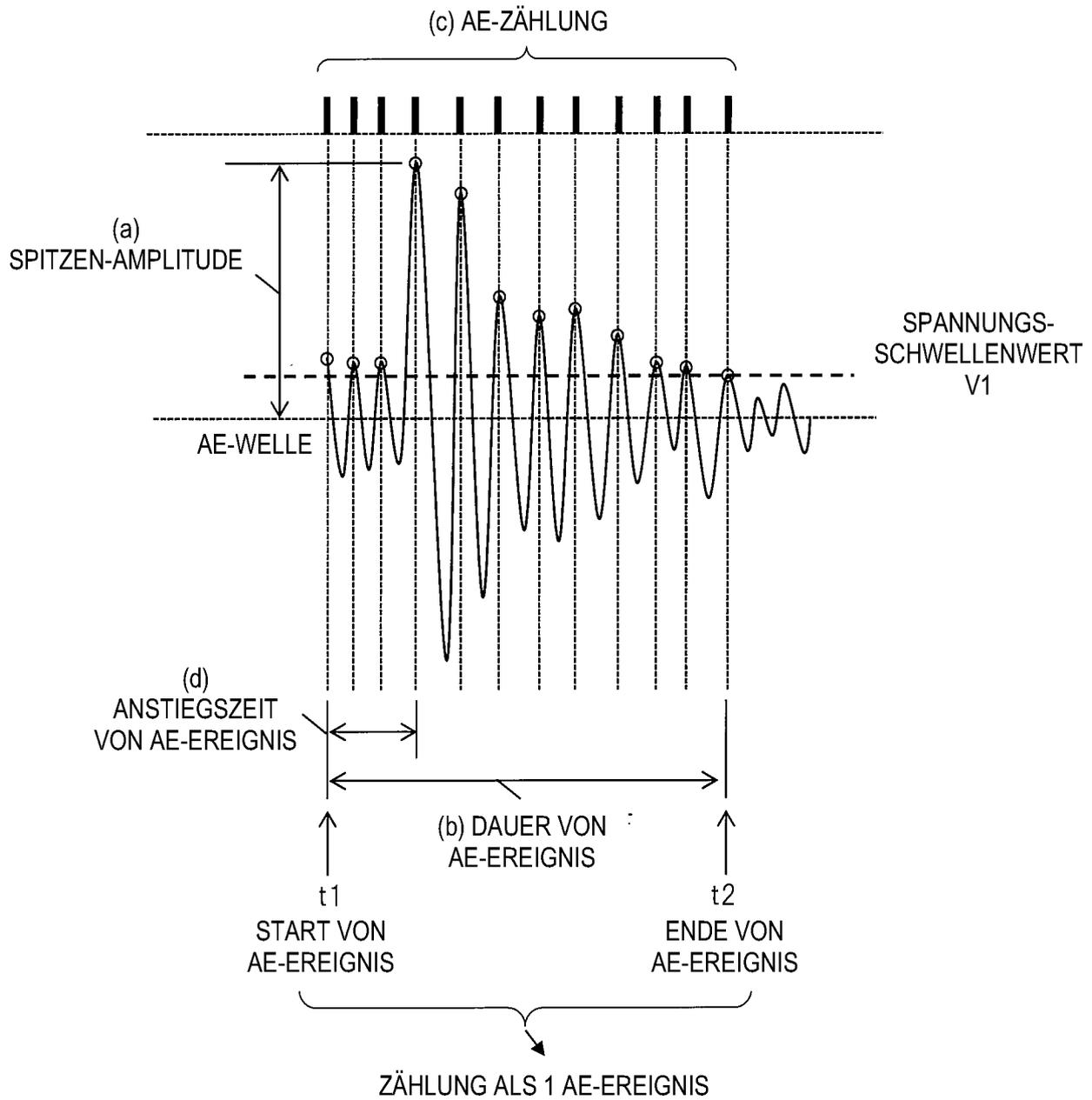


FIG. 11

<AE-EREIGNIS-ERKENNUNGSVERFAHREN (2)>

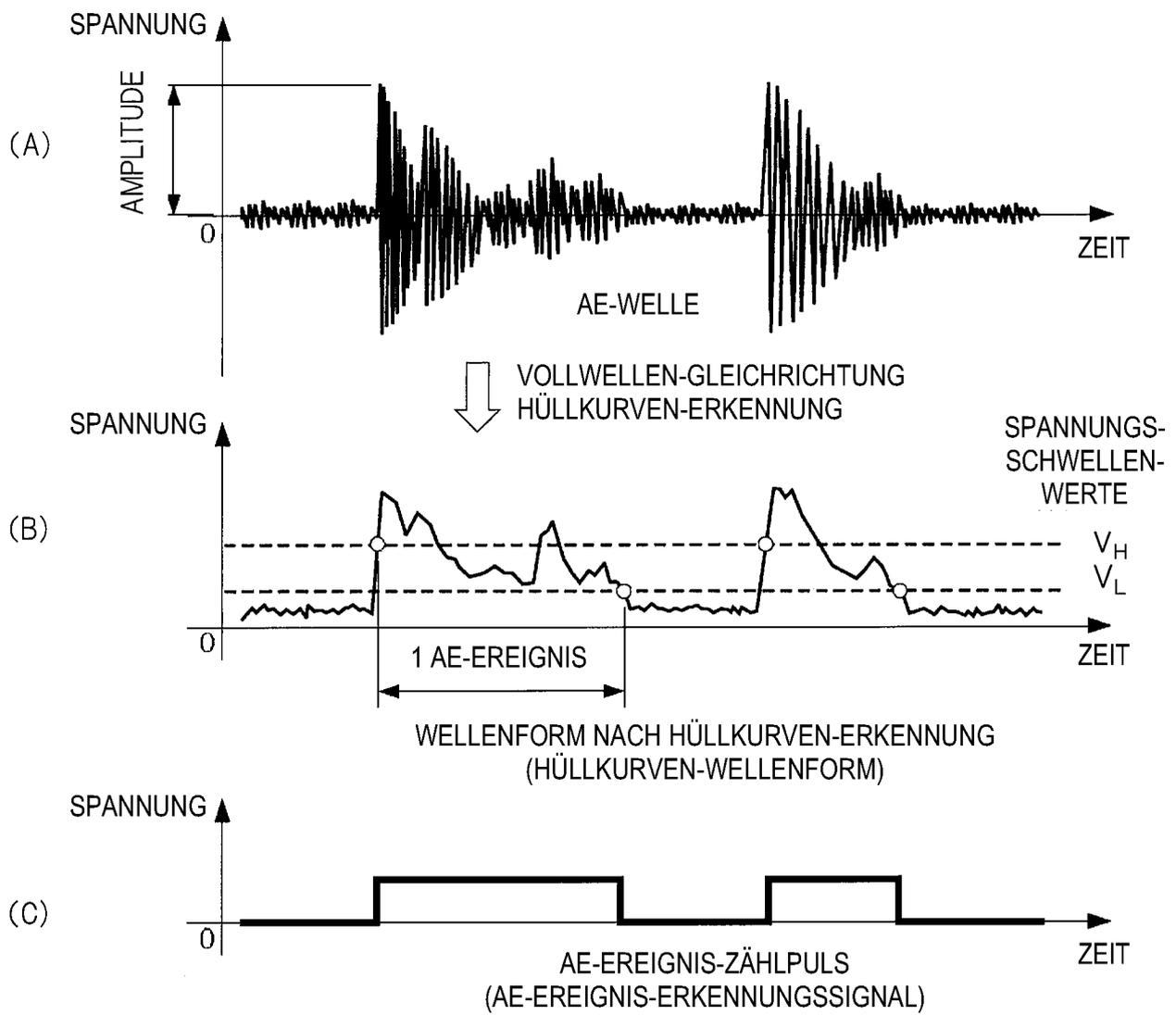


FIG. 12

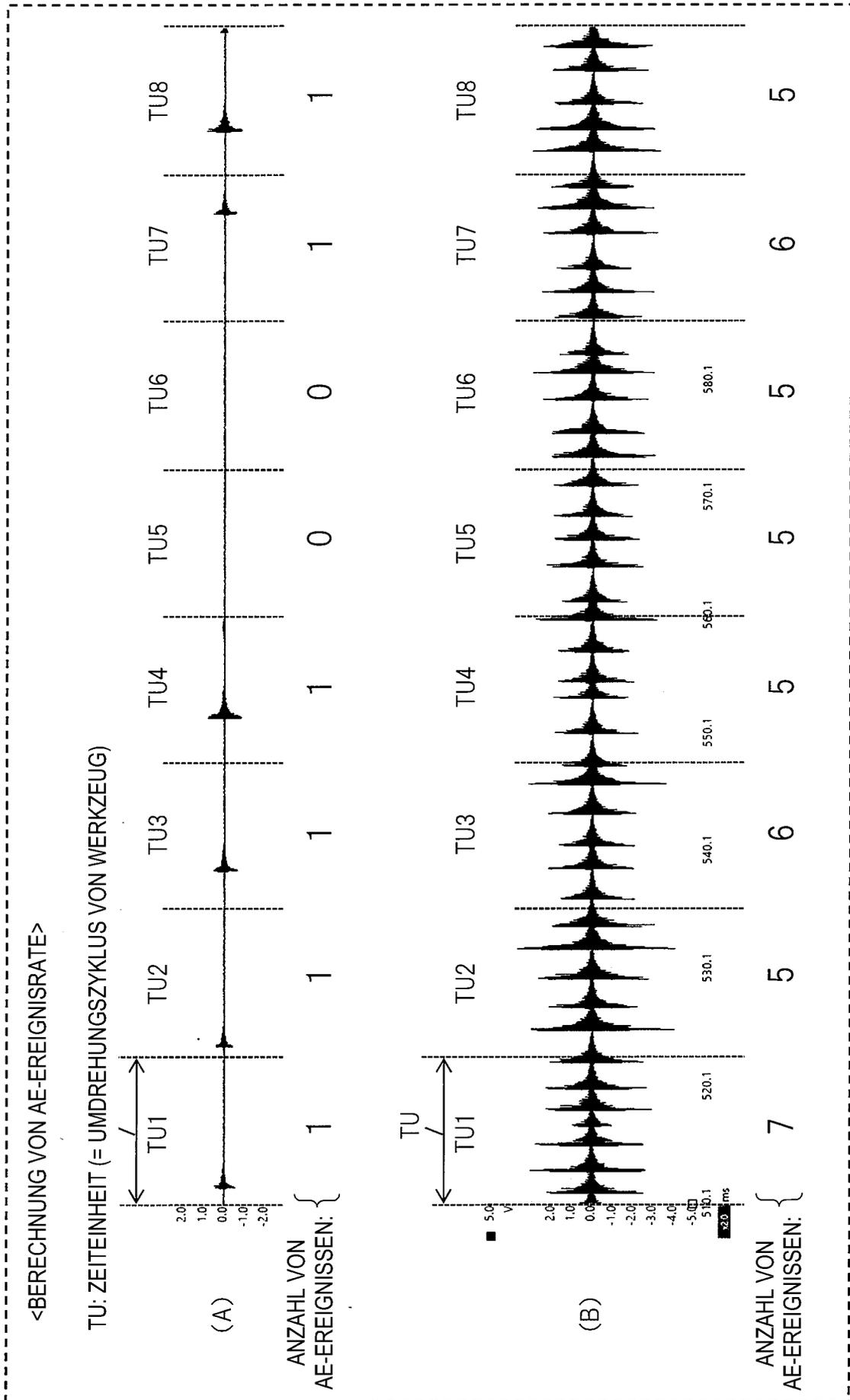


FIG. 13

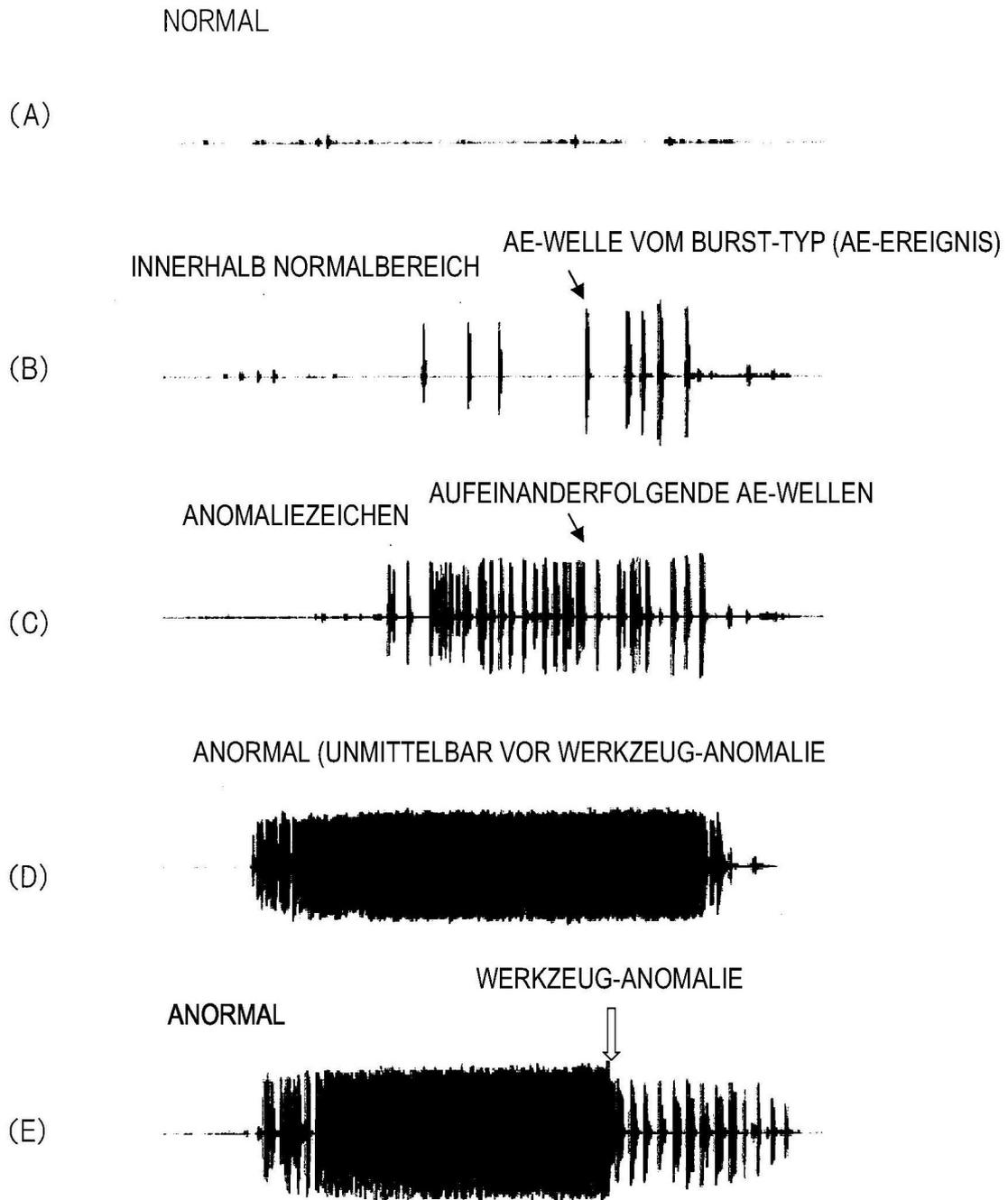


FIG. 14

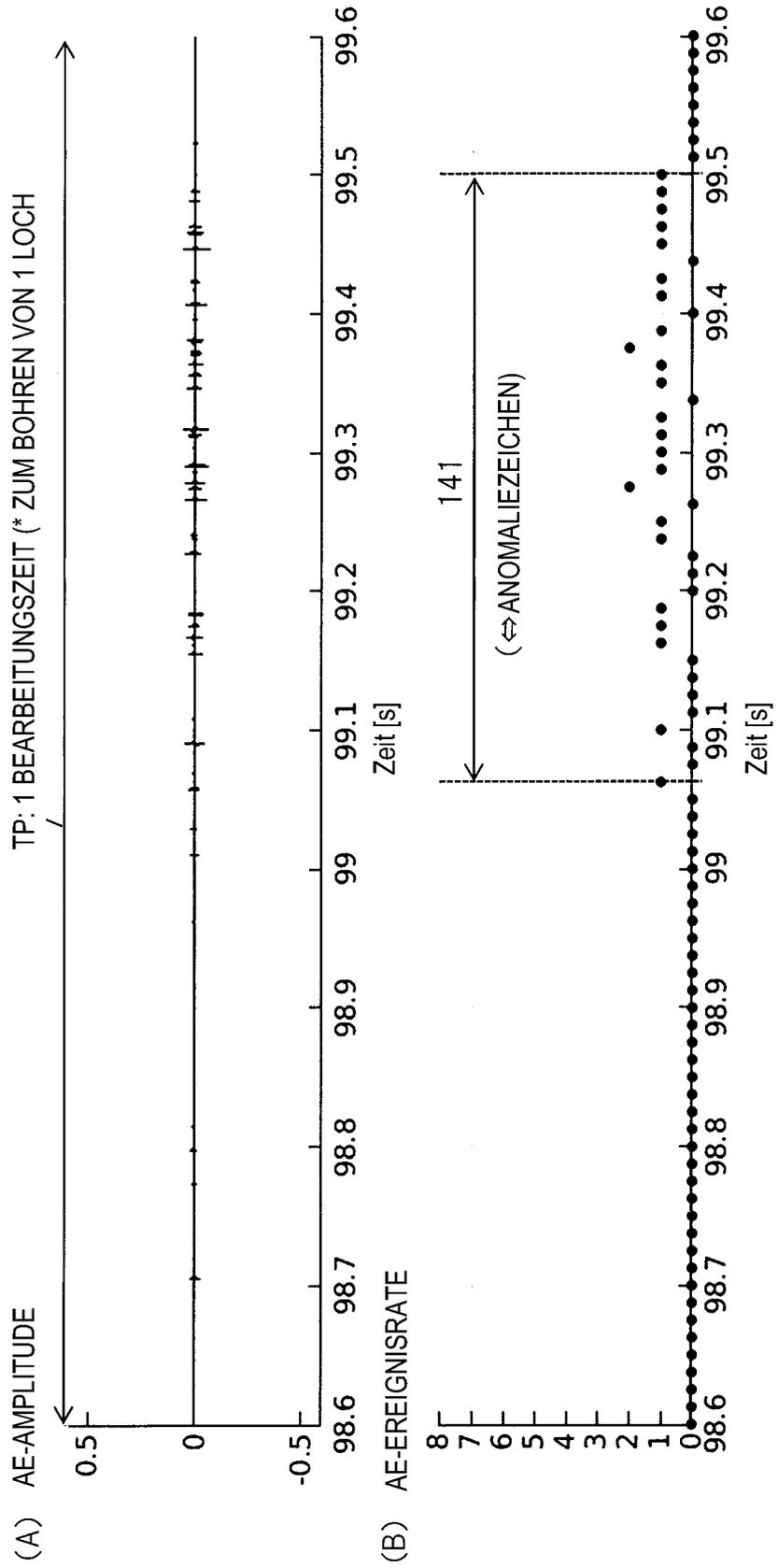


FIG. 15

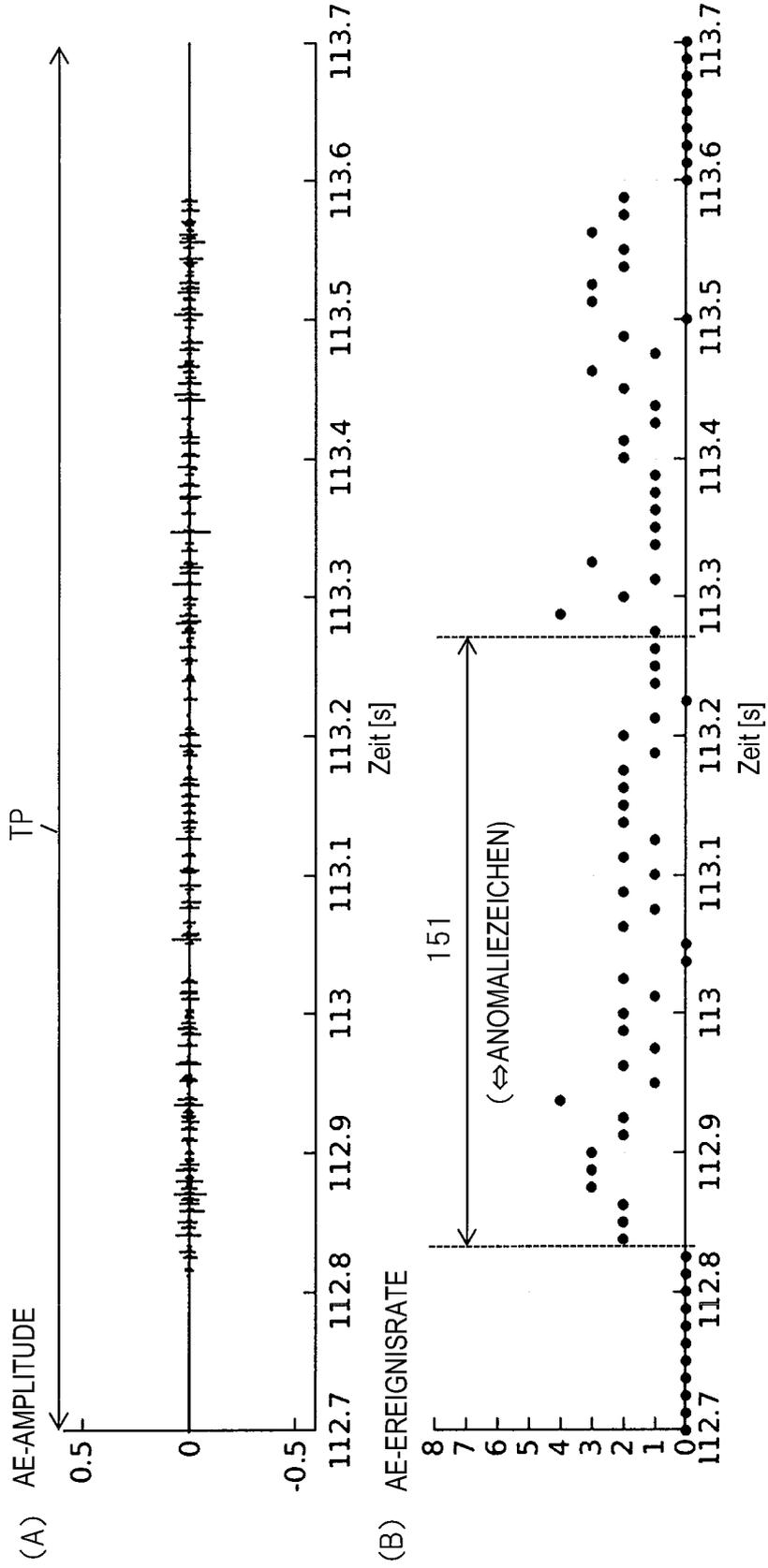


FIG. 16

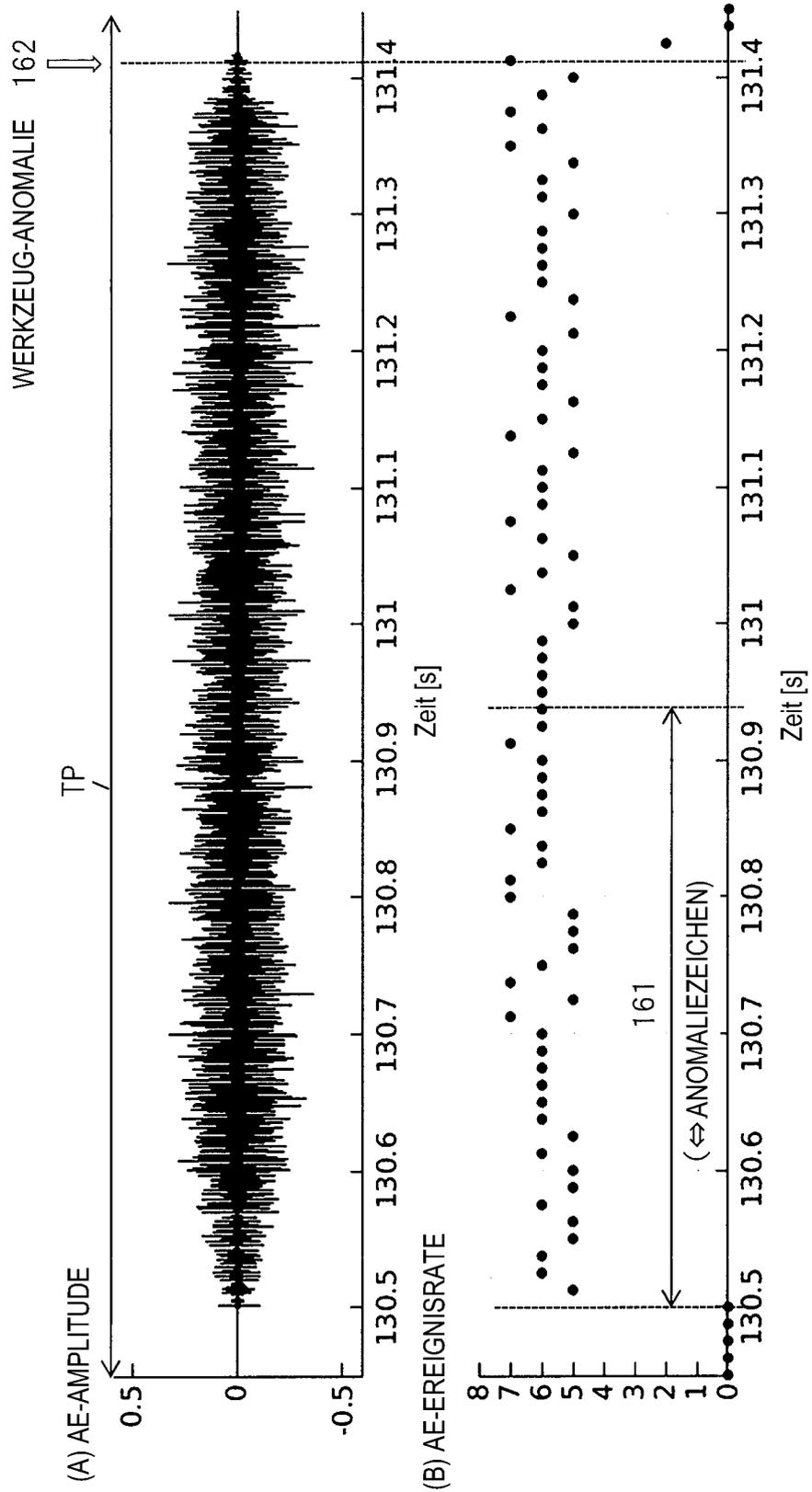


FIG. 17

ED: INDEXWERT (AE-EREIGNISRATE)

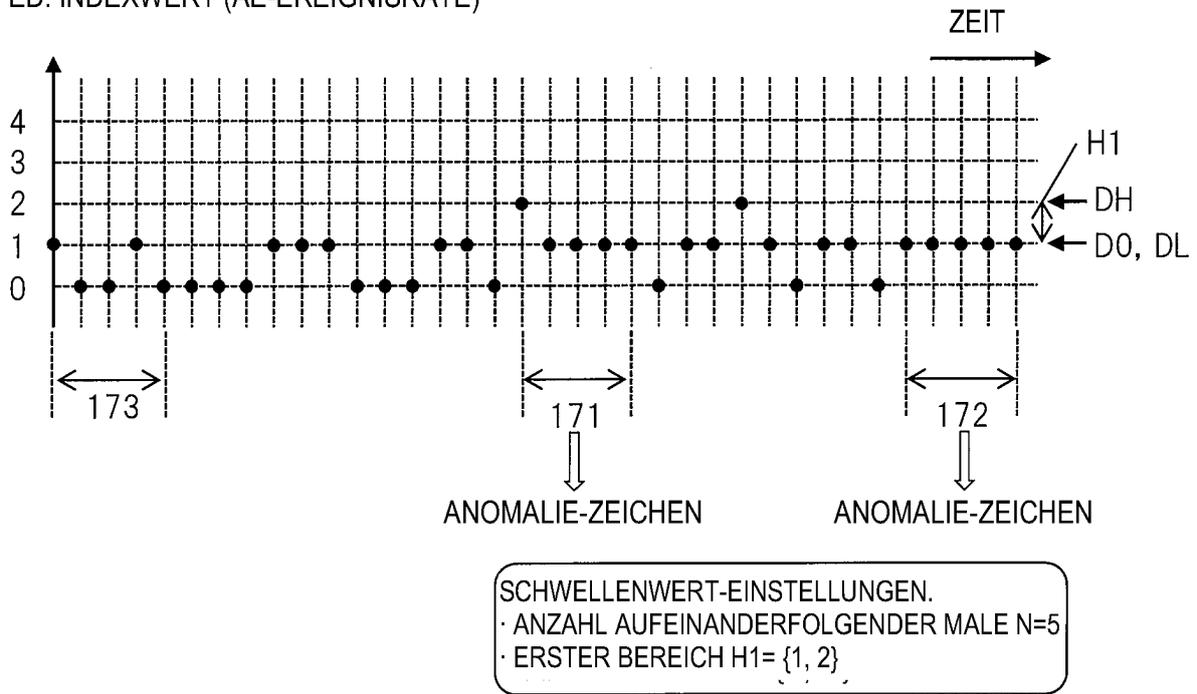


FIG. 18

ED: INDEXWERT (AE-EREIGNISRATE)

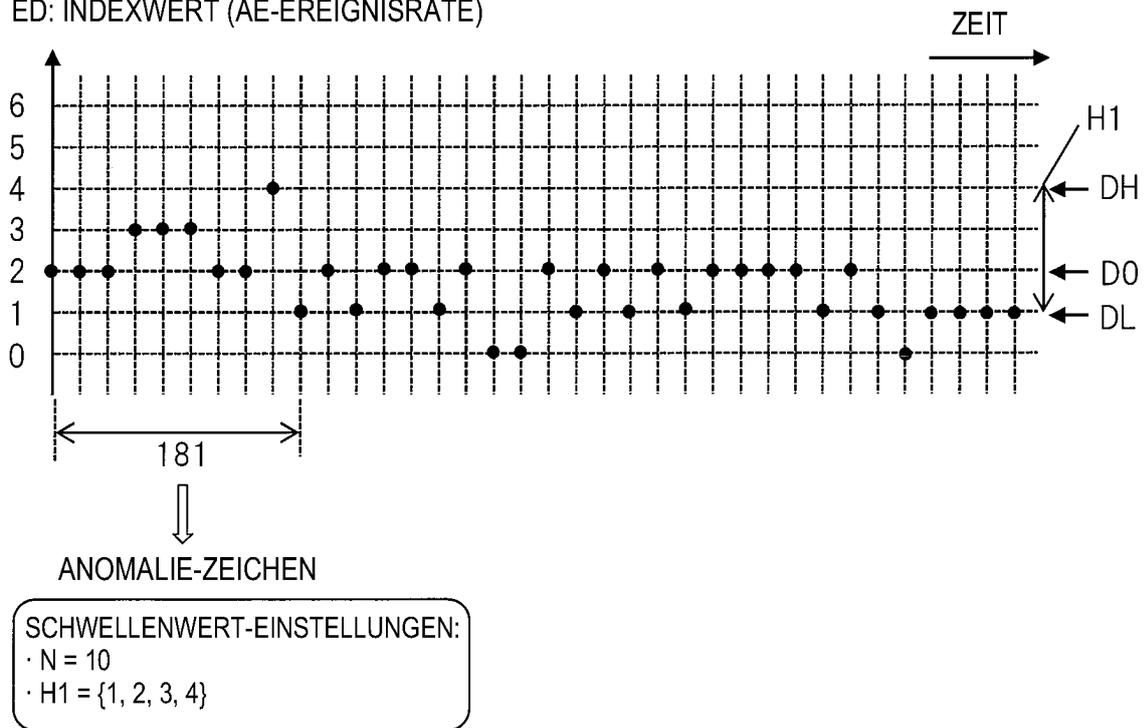


FIG. 19

ED: INDEXWERT (AE-EREIGNISRATE)

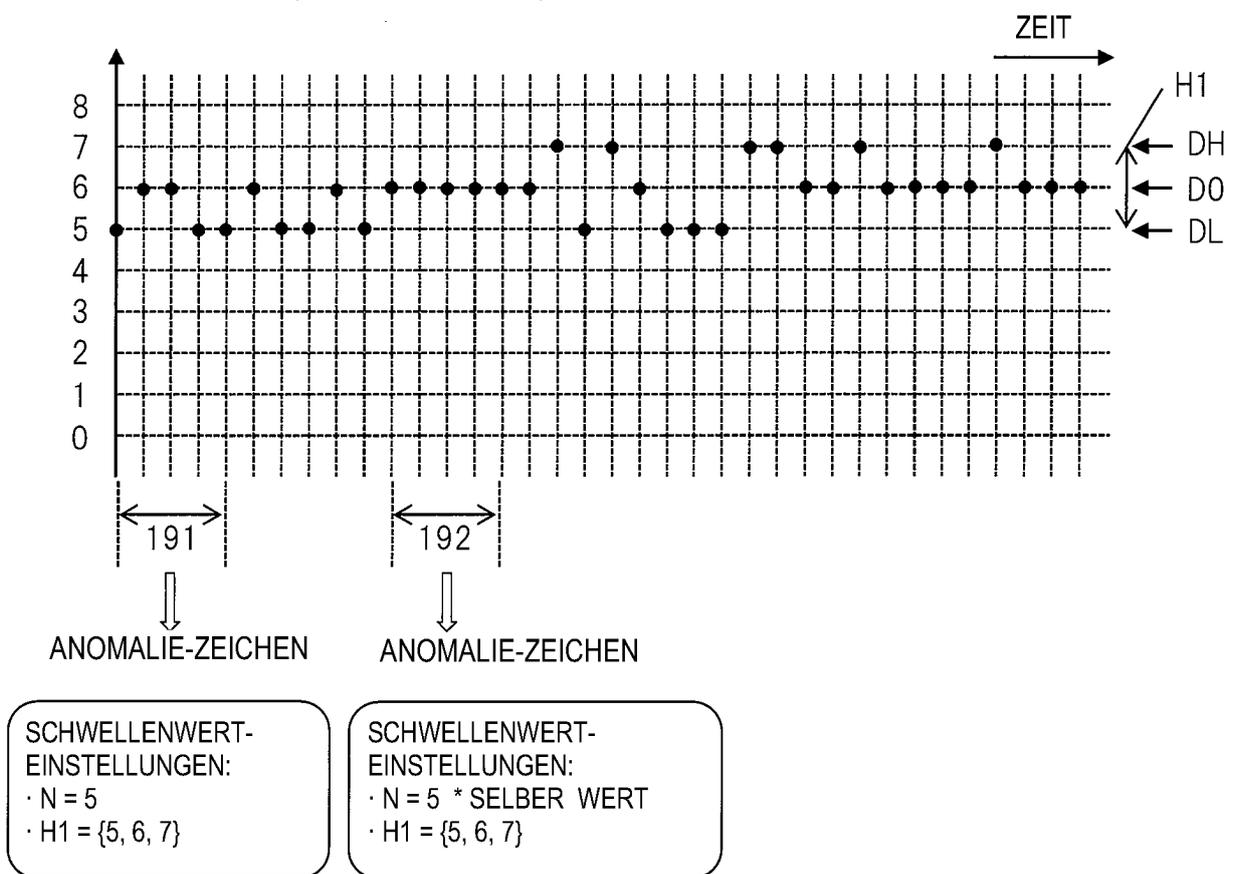


FIG. 20

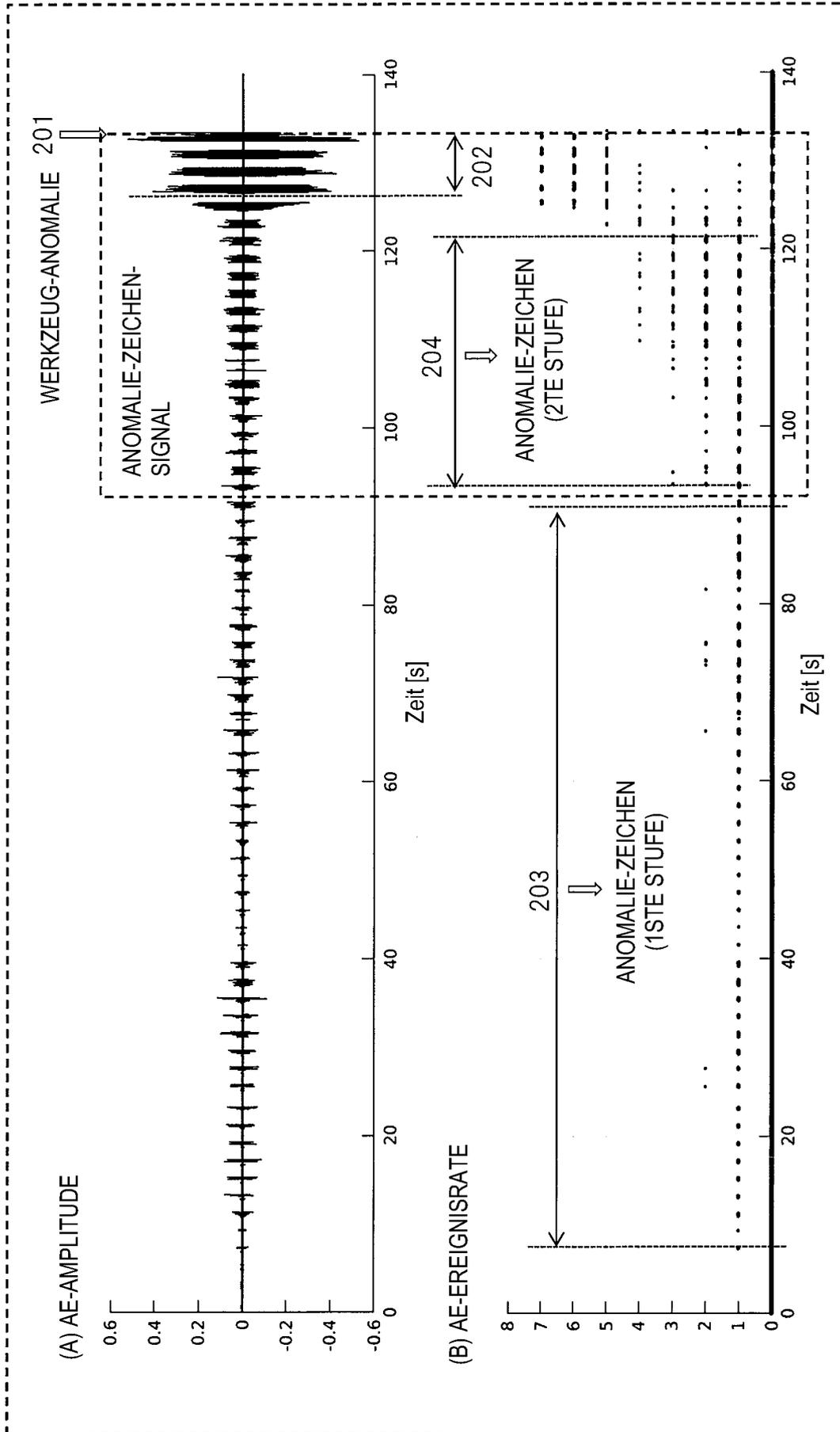


FIG. 21

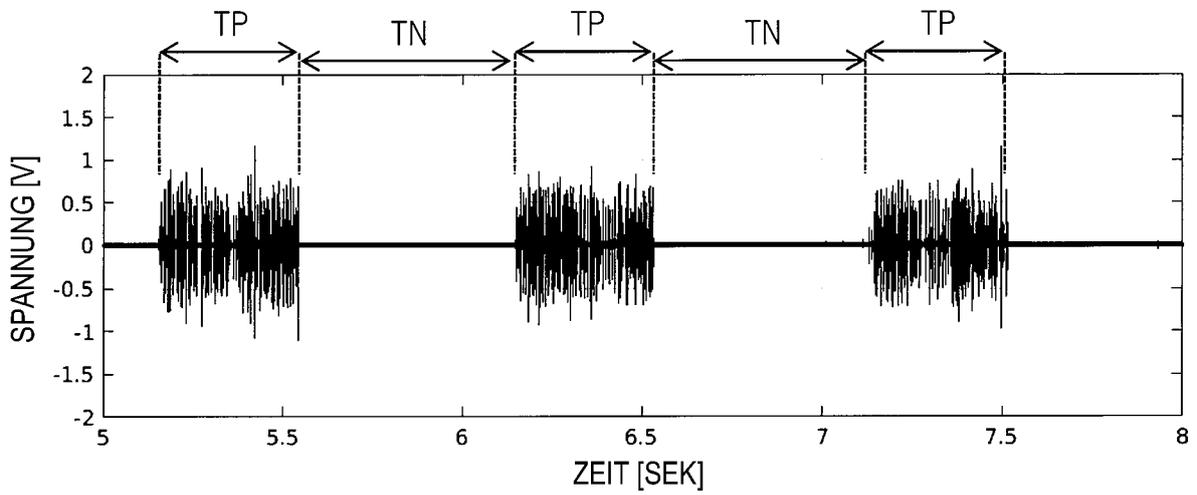


FIG. 22

ANOMALIEZEICHEN-ERKENNUNGSFUNKTION

---

EINSTELLUNGEN

[SCHWELLENWERT ZUM BESTIMMEN VON AE-EREIGNISRATE]

TITEL WERKZEUG A: EINSTELL. 1 ▼

AUFEINANDERFOLGENDE MALE: N 3 ▼

BEREICH: H1 1 ▼ ~ 3 ▼

REFERENZ (D0) 2 ▼

ABWEICHUNG ±1 ▼

OK
CANCEL

*FIG. 23*

