



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 007 666.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/027357**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/002614**
(86) PCT-Anmeldetag: **21.07.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.01.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **04.04.2024**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.03.2025**

(51) Int Cl.: **G06Q 10/04 (2023.01)**
G06Q 50/04 (2012.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Pfenning, Meinig & Partner mbB Patentanwälte,
10719 Berlin, DE**

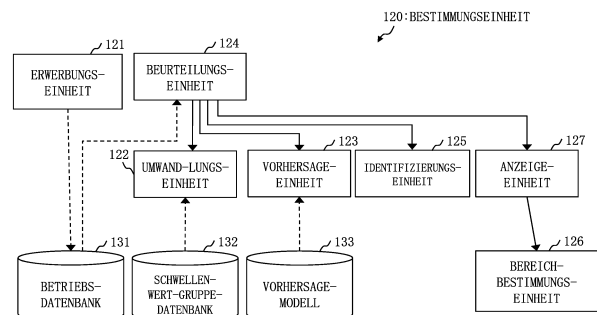
(72) Erfinder:
**Aoki, Masaaki, Tokyo, JP; Shibata, Masahiko,
Tokyo, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	11 2017 007 606	T5
EP	3 379 360	A2
JP	2006- 67 465	A
KR	10 1 170 329	B1

(54) Bezeichnung: **SYSTEM ZUR BESTIMMUNG EINES STABILEN BEREICHS, VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINES STABILEN BEREICHS UND PROGRAMM ZUR BESTIMMUNG EINES STABILEN BEREICHS**

(57) Hauptanspruch: System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500), das einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmt, die das Mehrpegelsignal enthalten, wobei das System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs umfasst:
eine Umwandlungseinheit (122), um mindestens einen Schwellenwert für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal festzulegen und das Mehrpegelsignal unter Verwendung des Schwellenwerts in mindestens ein Binärsignal umzuwandeln;
eine Vorhersageeinheit (123) zum Eingeben des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals in ein Vorhersagemodell (133), das einen stabilen Signalwert der Betriebsdaten vorhersagt, und zum Berechnen eines Vorhersagewerts des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals als umgewandelter Binärsignal-Vorhersagewert; und
eine Bereich-Bestimmungseinheit (126), um auf der Grundlage des umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewerts und des Schwellenwerts eine Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, in einem Bereich existiert, der auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wird, und um den stabilen Bereich des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit zu bestimmen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs, ein Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs und ein Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf ein System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs, ein Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs und ein Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs, die einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmen.

HINTERGRUND ZUM STAND DER TECHNIK

[0002] Wenn in einer konventionellen Fabrik eine Störung, wie z. B. der Stillstand einer Produktionslinie, auftritt, ermittelt das Wartungspersonal in der Fabrik die Ursache der Störung auf der Grundlage seines Wissens oder seiner Erfahrung und ergreift entsprechende Maßnahmen. Allerdings ist es oft schwierig, aus einer enormen Menge von Betriebsdaten und komplizierten Programmen die Ursache zu erkennen und das Problem schnell zu lösen. Außerdem ist es schwierig, ein Programm zur umfassenden Ermittlung der Störungsursache mit einer realistischen Anzahl von Arbeitsstunden aufzustellen oder zu erstellen.

[0003] Patentliteratur 1 offenbart ein System, mit dem das Wartungspersonal Anhaltspunkte für die Bestimmung eines Sensors oder eines Programms, der oder das eine Störung verursacht, erhalten kann, ohne erschöpfende Bedingungen festzulegen. Die Patentliteratur 1 offenbart ein System, das automatisch instabile bzw. instationäre zeitliche Änderungen in einem Binärsignal, das zwei Werte wie EIN und AUS eines Sensors ausdrückt, und in einem Mehrpegelsignal wie einem Stromwert und einem Druckwert, das andere Werte als 0 und 1 annimmt, erkennt. Patentliteratur 2 offenbart ein Anomalieerkennungssystem umfassend ein Rechengerät, das die Verarbeitung des Erlernens eines Vorhersagemodells, das ein Verhalten eines Überwachungszielgeräts basierend auf Betriebsdaten auf dem Gerät vorhersagt, die Verarbeitung des Anpassens eines Anomalie-Scores, sodass der Anomalie-Score für Betriebsdaten bei Normalbetrieb in einen vorgegebenen Bereich fällt, wobei der Anomalie-Score auf einer Abweichung der von dem Überwachungszielgerät erfassten Betriebsdaten von einem durch das Vorhersagemodell erhaltenen Vorhersageergebnis basiert, die Verarbeitung des Erkennens einer Anomalie oder eines Anzeichens einer Anomalie basierend auf dem angepassten Anomalie-Score und die Verarbeitung des Anzeigens von Informationen zu mindestens einem der Anomalie-Scores und einem Ergebnis der Erkennung auf einem Ausgabegerät ausführt. Patentliteratur 3 offenbart eine Instabilitätsdetektionsvorrichtung, die den Betriebszustand von Anlagen unter Verwendung binärer digitaler Signale detektieren kann, wobei die Instabilitätsdetektionsvorrichtung eine um ein Normalmodell zum Bestimmen von Betriebszuständen einer Vielzahl von Anlagen auf der Basis von Betriebsdaten, die binäre digitale Signale sind, erhalten von den Anlagen in ihren stabilen Betriebszuständen, zu erzeugen, eine Erwartungswertberechnungseinheit, um einen Erwartungswert von Betriebsdaten durch Anwenden des Normalmodells auf frühere Betriebsdaten der Anlagen zu berechnen, und eine Instabilitätsdetektionseinheit, um zu detektieren, ob ein Betriebszustand einer der Anlagen instabil ist oder nicht, durch Vergleichen des Erwartungswertes der Betriebsdaten und eines gemessenen Wertes der Betriebsdaten, beinhaltet. Patentliteratur 4 offenbart eine Erfassungseinheit, die einen Betriebswert durch Messung des Betriebswertes von Komponenten einer Industrieanlage ermittelt. Ein Echtzeit-Datenbankserver speichert die Betriebswert- und Erfassungszeitinformationen. Eine Signalabrufeinheit ruft die Betriebswerte per Sampling-Zeiteinheit vom Echtzeit-Datenbankserver ab. Eine Signalverarbeitungseinheit generiert Messdaten durch Berechnung eines Minimalwertes, eines Mittelwertes, eines Maximalwertes sowie eines ersten und eines dritten Quartils des festgelegten Betriebswertes. Eine Normalbereichsausgabereinheit bezeichnet das erste Quartil als normalen niedrigen Wert und das dritte Quartil als normalen hohen Wert, indem sie Messdaten für eine feste Zeit liest. Patentliteratur 5 offenbart einen Stoßdämpfer, der aus einem blasgeformten Produkt aus thermoplastischem Harz besteht, der die Auswirkungen eines Stoßes auf den menschlichen Körper über einen breiten Stoßreaktionsbereich verringern kann und dessen Stoßdämpfungsleistung selbst bei schrägen Stößen nicht nachlässt.

REFERENZLISTE

PATENTLITERATUR

Patentliteratur 1: JP 6 790 311 B1

Patentliteratur 2: EP 3 379 360 A2

Patentliteratur 3: DE 11 2017 007 606 T5

Patentliteratur 4: KR 10 1 170 329 B1

Patentliteratur 5: JP 2006-67 465 A

ABRISS

TECHNISCHES PROBLEM

[0004] Das Verfahren der Patentliteratur 1 wandelt ein Mehrpegelsignal in ein Binärsignal um, sagt einen Normalwert des Binärsignals voraus und erkennt eine instabile bzw. instationäre Änderung des Signals. Wenn eine instabile Änderung im Mehrpegelsignal erkannt wird, wird ein instabiler Teil des umgewandelten Binärsignals spezifiziert, und ein Wert, den das Mehrpegelsignal in einem stabilen bzw. stationären Zustand annehmen sollte, wird als Vorhersagewert erhalten. Es ist jedoch nicht auf den ersten Blick zu erkennen, wie das Mehrpegelsignal vor der Umwandlung in das Binärsignal einen instabilen Wert annimmt. Wenn eine Störung, wie z. B. der Stillstand einer Produktionslinie, auftritt, muss geprüft werden, wie sich der Wert des Mehrpegelsignals von demjenigen im Normalzustand unterscheidet, um die Ursache der Störung zu ermitteln.

[0005] In der vorliegenden Offenbarung wird ein stabiler bzw. stationärer Bereich eines Mehrpegelsignals auf der Grundlage einer Wahrscheinlichkeit bestimmt, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals in einem Bereich liegt, der auf der Grundlage eines Schwellenwerts bestimmt wird. Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, einer Bedienperson auf diese Weise auf leicht verständliche Weise anzuzeigen, welchen Signalwert das Mehrpegelsignal im Vergleich zum stabilen bzw. stationären Bereich annimmt.

LÖSUNG DES PROBLEMS

[0006] Ein System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Offenbarung, das einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmt, die das Mehrpegelsignal enthalten, umfasst:

eine Umwandlungseinheit, um mindestens einen Schwellenwert für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal festzulegen und das Mehrpegelsignal unter Verwendung des Schwellenwerts in mindestens ein Binärsignal umzuwandeln;

eine Vorhersageeinheit zum Eingeben des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals in ein Vorhersagemodell, das einen stabilen Signalwert der Betriebsdaten vorhersagt, und zum Berechnen eines Vorhersagewerts des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals als umgewandelter Binärsignal-Vorhersagewert; und

eine Bereich-Bestimmungseinheit, um auf der Grundlage des umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewerts und des Schwellenwerts eine Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, in einem Bereich existiert, der auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wird, und um den stabilen Bereich des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit zu bestimmen.

VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

[0007] Ein System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Offenbarung bestimmt einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals auf der Grundlage einer Wahrscheinlichkeit, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals in einem Bereich liegt, der auf der Grundlage eines Schwellenwerts bestimmt wird. Daher kann mit dem System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Offenbarung der stabile Bereich des Mehrpegelsignals angemessen bestimmt werden, und der Signalwert, den das Mehrpegelsignal im Vergleich zu dem im stabilen Bereich einnimmt, kann einer Bedienperson auf leicht verständliche Weise angezeigt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Konfigurationsbeispiels für ein System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 2 ist eine Darstellung, die ein Konfigurationsbeispiel einer Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 3 ist eine Darstellung, die ein funktionelles Konfigurationsbeispiel einer Modellerzeugungseinheit gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 4 ist eine Darstellung, die ein funktionelles Konfigurationsbeispiel einer Bestimmungseinheit gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 5 ist ein allgemeines Flussdiagramm eines Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs durch die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel eines Umwandlungsprozesses gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Eingabe/Ausgabe eines Vorhersagemodells gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 8 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels, in dem Vorhersagewerte eines Signals in einem Vorhersageprozess gemäß Ausführungsform 1 in einer Zeitreihe ausgegeben werden.

Fig. 9 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels, in dem Vorhersagewerte in drei Signalen in einer Zeitreihe in dem Vorhersageprozess gemäß Ausführungsform 1 ausgegeben werden.

Fig. 10 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass ein Signalwert eines Mehrpegelsignals gemäß Ausführungsform 1 in einem Bereich liegt.

Fig. 11 ist ein detailliertes Flussdiagramm eines Verfahrens zur Berechnung einer In-Range-Wahrscheinlichkeit des Signalwertes des Mehrpegelsignals gemäß Ausführungsform 1.

Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel eines ersten Bestimmungsverfahrens des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für ein zweites Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 14 ist ein Flussdiagramm, das ein weiteres Beispiel für das zweite Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 15 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel für ein drittes Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 16 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel für ein fünftes Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 17 ist eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Konfigurationsbeispiels für eine Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß einer Modifikation von Ausführungsform 1.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0008] Die vorliegende Ausführungsform wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen werden gleiche oder äquivalente Teile mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Bei der Beschreibung der Ausführungsform wird die Erläuterung gleicher oder gleichwertiger Teile in geeigneter Weise weggelassen oder vereinfacht. Außerdem können in den nachstehenden Zeichnungen die Maßverhältnisse zwischen den Bestandteilen anders aussehen als sie tatsächlich sind. Bei der Beschreibung der Ausführungsform kann auf Ausrichtungen oder Positionen Bezug genommen werden, wie z. B. oben, unten, links, rechts, vorne, hinten, vorne und hinten. Diese Ausdrücke werden aus beschreibenden Gründen verwendet und schränken die Anordnung, Richtung und Ausrichtung einer Vorrichtung, eines Werkzeugs, einer Komponente und dergleichen nicht ein.

[0009] Ausführungsform 1.

*** Beschreibung von Konfigurationen ***

[0010] **Fig. 1** ist eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Konfigurationsbeispiels für ein System zur Bestimmung eines stabilen bzw. stationären Bereichs 500 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0011] Das System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500 verfügt über eine Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen bzw. stationären Bereichs 100, einen Datensammlungsserver 200 und ein Zielsystem 300.

[0012] Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 überwacht das Zielsystem 300, z. B. eine Fertigungsstraße. Im Zielsystem 300 gibt es Ausrüstung 301 bis Ausrüstung 305. In **Fig. 1** sind fünf Einheiten der Ausrüstung zu sehen. Es gibt jedoch keine Beschränkung für die Anzahl der Einheiten der Ausrüstung. Jede Ausrüstung besteht aus einer Vielzahl von Vorrichtungen wie z. B. einem Sensor und einem Roboter. Jede Vorrichtung ist mit einem Netzwerk 401 verbunden, und die Betriebsdaten 31 der Ausrüstung werden im Datensammlungsserver 200 gesammelt. Die Betriebsdaten 31 enthalten ein Binärsignal und ein Mehrpegelsignal. Das Binärsignal ist ein Signal, das z. B. EIN und AUS eines Sensors ausdrückt. Das Mehrpegelsignal ist ein Signal, das z. B. einen Drehmomentwert einer Roboterhand ausdrückt.

[0013] Der Datensammlungsserver 200 ist über ein Netzwerk 402 mit der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 verbunden.

[0014] Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 bestimmt einen stabilen bzw. stationären Bereich des Mehrpegelsignals in den Betriebsdaten 31 der Ausrüstung. Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 erkennt auch Instabilitäten bzw. Unregelmäßigkeiten der Betriebsdaten 31. Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 zeigt auch die Stabilität oder Instabilität der Betriebsdaten 31 an. Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 wird auch als Vorrichtung zur Erkennung von Instabilität oder als Vorrichtung zur Anzeige von Instabilität bezeichnet.

[0015] **Fig. 2** ist eine Darstellung, die ein Konfigurationsbeispiel der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0016] Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 ist ein Computer. Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 ist mit einem Prozessor 910 und anderen Hardwarevorrichtungen wie einem Speicher 921, einer Hilfsspeichervorrichtung 922, einer Eingabeschnittstelle 930, einer Ausgabeschnittstelle 940 und einer Kommunikationseinrichtung 950 ausgestattet. Der Prozessor 910 ist über eine Signalleitung mit den anderen Hardware-Vorrichtungen verbunden und steuert die anderen Hardware-Vorrichtungen.

[0017] Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 ist mit einer Modellerzeugungseinheit 110, einer Bestimmungseinheit 120 und einer Speichereinheit 130 als Funktionselemente ausgestattet. Eine Betriebsdatenbank 131, eine Schwellenwertgruppe-Datenbank 132 und ein Vorhersagemodell 133 sind in der Speichereinheit 130 gespeichert.

[0018] Die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 werden durch Software realisiert. Die Speichereinheit 130 ist am Arbeitsspeicher 921 bereitgestellt. Die Speichereinheit 130 kann der Hilfsspeichervorrichtung 922 zugeführt werden, oder sie kann dem Speicher 921 und der Hilfsspeichervorrichtung 922 durch Verteilung zugeführt werden.

[0019] Der Prozessor 910 ist eine Vorrichtung, auf die ein Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs läuft. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs ist ein Programm, das die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 implementiert.

[0020] Der Prozessor 910 ist eine integrierte Schaltung (IC), die eine Rechenverarbeitung durchführt. Konkrete Beispiele für den Prozessor 910 sind eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), ein Digitaler Signalprozessor (DSP) und eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU).

[0021] Der Arbeitsspeicher 921 ist eine Speichervorrichtung, in der Daten vorübergehend gespeichert werden. Ein konkretes Beispiel für den Arbeitsspeicher 921 ist ein statischer Random-Access Memory (SRAM) oder ein dynamischer Random-Access Memory (DRAM).

[0022] Die Hilfsspeichervorrichtung 922 ist eine Speichervorrichtung, in der Daten bewahrt werden. Ein konkretes Beispiel für die Hilfsspeichervorrichtung 922 ist ein HDD. Die Hilfsspeichervorrichtung 922 kann ein tragbares Speichermedium sein, wie etwa ein SD (eingetragene Marke), eine Speicherkarte, ein CF, ein NAND-Flash, eine flexible Scheibe, eine optische Scheibe, eine Compact Disk, eine Blu-ray-Disk (eingetragene Marke) und eine DVD. Es ist zu beachten, dass HDD für Hard Disk Drive, SD (eingetragenes Warenzeichen) für Secure Digital, CF für CompactFlash (eingetragenes Warenzeichen) und DVD für Digital Versatile Disc steht.

[0023] Die Eingabeschnittstelle 930 ist ein Anschluss, der mit einer Eingabevorrichtung, wie etwa einer Maus, einer Tastatur und einem Touchpanel, zu verbinden ist. Die Eingabeschnittstelle 930 ist konkret ein Universal-Serial-Bus(USB)-Anschluss. Die Eingabeschnittstelle 930 kann ein Anschluss sein, der mit einem Local Area Network (LAN) zu verbinden ist.

[0024] Die Ausgabeschnittstelle 940 ist ein Anschluss, an den ein Kabel einer Anzeigevorrichtung, z. B. eine Anzeige, angeschlossen werden kann. Die Ausgabeschnittstelle 940 ist konkret ein USB-Anschluss oder ein Anschluss für High-Definition-Multimedia-Interface (HDMI; eingetragene Marke). Die Anzeige ist konkret eine Flüssigkristallanzeige (LCD). Die Ausgabeschnittstelle 940 wird auch als Anzeigeschnittstelle bezeichnet.

[0025] Die Kommunikationseinrichtung 950 weist einen Empfänger und einen Übertrager auf. Die Kommunikationseinrichtung 950 ist an ein Kommunikationsnetzwerk wie ein LAN, das Internet oder eine Telefonleitung angeschlossen. Konkret ist die Kommunikationseinrichtung 950 ein Kommunikations-Chip oder eine Netz-schnittstellenkarte (NIC).

[0026] Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs wird in der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 ausgeführt. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs wird vom Prozessor 910 gelesen und vom Prozessor 910 ausgeführt. Im Speicher 921 ist nicht nur das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs, sondern auch ein Betriebssystem (OS) gespeichert. Der Prozessor 910 führt das Programm zur Bestimmung eines stabilen bzw. stationären Bereichs aus, während das Betriebssystem läuft. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs und das Betriebssystem können in der Hilfsspeichervorrichtung 922 gespeichert werden. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs und das Betriebssystem, die in der Hilfsspeichervorrichtung 922 gespeichert sind, werden in den Speicher 921 geladen und vom Prozessor 910 ausgeführt. Die Bestimmung des stabilen Bereichs kann teilweise oder vollständig in das Betriebssystem integriert werden.

[0027] Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 kann mit einer Mehrzahl von Prozessoren ausgestattet sein, die den Prozessor 910 ersetzen. Die Mehrzahl von Prozessoren führen das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemeinsam aus. Jeder Prozessor ist eine Vorrichtung, die genau wie der Prozessor 910 das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs ausführt.

[0028] Daten, Informationen, Signalwerte und Variablenwerte, die vom Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs verwendet, verarbeitet oder ausgegeben werden, werden im Speicher 921, in der Hilfsspeichervorrichtung 922 oder in einem Register- oder Cache-Speicher im Prozessor 910 gespeichert.

[0029] Der Begriff „Einheit“ in der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 kann durch „Schaltkreis“, „Stufe“, „Verfahren“, „Prozess“ oder „Schaltung“ ersetzt werden. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs veranlasst den Computer, einen Modellerzeugungsprozess und einen Bestimmungsprozess auszuführen. Der Begriff „Prozess“ in den Prozessen der Modellerzeugung und -bestimmung kann durch „Programm“, „Programmprodukt“, „programmgespeicherter computerlesbarer Datenträger“ oder „programm aufgezeichneter computerlesbarer Datenträger“ ersetzt werden. Ein Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs ist ein Verfahren, das von der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 durchgeführt wird, die das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs ausführt.

[0030] Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs kann in Form eines computerlesbaren Aufzeichnungsmediums bereitgestellt werden. Das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs kann als Programmprodukt vorgesehen sein.

[0031] Fig. 3 ist eine Darstellung, die ein funktionelles Konfigurationsbeispiel der Modellerzeugungseinheit 110 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0032] Ein durchgezogener Pfeil in Fig. 3 drückt eine Aufrufbeziehung zwischen Funktionselementen aus, und gestrichelte Pfeile in Fig. 3 drücken Datenflüsse zwischen Funktionselementen und den Datenbanken aus.

[0033] Die Modellerzeugungseinheit 110 erzeugt das Vorhersagemodell 133 zur Vorhersage eines nächsten Signalwertes der Betriebsdaten im Normalbetrieb der Ausrüstung. Mit anderen Worten: Die Modellerzeugungseinheit 110 erzeugt das Vorhersagemodell 133 zur Vorhersage eines Signalwertes eines stabilen bzw. stationären Zustands der Betriebsdaten.

[0034] Die Modellerzeugungseinheit 110 ist mit einer Erwerbungsseinheit 111, einer Schwellenwertgruppe-Berechnungseinheit 112, einer Umwandlungseinheit 113 und einer Lerneinheit 114 ausgestattet.

[0035] Die Erwerbungsseinheit 111 empfängt über die Kommunikationseinrichtung 950 die Betriebsdaten vom Datensammlungsserver 200 und speichert die Betriebsdaten in der Betriebsdatenbank 131. Bei den Betriebsdaten handelt es sich beispielsweise um Daten wie ein Binärsignal, das das Ein- und Ausschalten eines Sensors ausdrückt, oder um ein Mehrpegelsignal, das einen Drehmomentwert der Roboterhand ausdrückt. Ein Prozess des Empfangens und Speicherns der Betriebsdaten wird auf notwendigen Daten als Ziel ausgeführt, jedes Mal wenn die Daten im Datensammlungsserver 200 zunehmen, so weit wie möglich in Echtzeit.

[0036] Die Schwellenwertgruppe-Berechnungseinheit 112 erfasst die Betriebsdaten aus der Betriebsdatenbank 131, berechnet einen Schwellenwert zur Umwandlung eines Mehrpegelsignals in den Betriebsdaten in ein Binärsignal und speichert den Schwellenwert in der Schwellenwertgruppe-Datenbank 132.

[0037] Die Umwandlungseinheit 113 bezieht den Schwellenwert aus der Schwellenwertgruppe-Datenbank 132 und wandelt das Mehrpegelsignal auf der Basis des Schwellenwerts in das Binärsignal um.

[0038] Die Lerneinheit 114 erfasst die Betriebsdaten aus der Betriebsdatenbank 131 und ruft die Umwandlungseinheit 113 auf, um mit der Umwandlungseinheit 113 das Mehrpegelsignal in den erworbenen Betriebsdaten in das Binärsignal umzuwandeln. Die Lerneinheit 114 lernt ein normales Signalmuster des in den Betriebsdaten enthaltenen Signals aus dem in den Betriebsdaten enthaltenen Binärsignal und dem von der Umwandlungseinheit 113 aus dem in den Betriebsdaten enthaltenen Mehrpegelsignal umgewandelten Binärsignal. Danach speichert die Lerneinheit 114 ein gelerntes Modell, das das gelernte normale Signalmuster vorhersagt, als Vorhersagemodell 133.

[0039] Die Schwellenwertgruppe-Berechnungseinheit 112 stellt den Schwellenwert so ein, dass z. B. der Signalwert des Mehrpegelsignals in ein Binärsignal umgewandelt wird, das umschaltet, wenn sich eine Tendenz des Wertes, z. B. steigend, fallend und konstant bleibend, ändert. Der Schwellenwert für die Umwandlung des Mehrpegelsignals in das Binärsignal kann auf einen beliebigen Wert eingestellt werden, und es kann eine beliebige Anzahl von Schwellenwerten eingestellt werden. Es ist zu beachten, dass es keine Einschränkungen bei der Berechnung des Schwellenwerts gibt.

[0040] Fig. 4 ist eine Darstellung, die ein funktionelles Konfigurationsbeispiel der Bestimmungseinheit 120 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0041] Durchgezogene Pfeile in Fig. 4 drücken die Aufrufbeziehungen zwischen den Funktionselementen aus, und gestrichelte Pfeile drücken den Datenfluss zwischen den Funktionselementen und den Datenbanken aus.

[0042] Die Bestimmungseinheit 120 sagt einen nächsten Signalwert eines Signals im Normalbetrieb aus den Betriebsdaten voraus, beurteilt, ob der nächste Signalwert instabil ist oder nicht, identifiziert einen instabilen Teil und bestimmt einen stabilen Bereich und zeigt den stabilen Bereich zusammen mit den Betriebsdaten an.

[0043] Die Bestimmungseinheit 120 ist mit einer Erwerbungsseinheit 121, einer Umwandlungseinheit 122, einer Vorhersageeinheit 123, einer Beurteilungseinheit 124, einer Identifizierungseinheit 125, einer Bereich-Bestimmungseinheit 126 und einer Anzeigeeinheit 127 ausgestattet.

[0044] Genau wie die Erwerbungsseinheit 111 in der Modellerzeugungseinheit 110 empfängt die Erwerbungsseinheit 121 die Betriebsdaten vom Datensammlungsserver 200 über die Kommunikationseinrichtung 950 und speichert die Betriebsdaten in der Betriebsdatenbank 131.

[0045] Genau wie die Umwandlungseinheit 113 in der Modellerzeugungseinheit 110 erfasst die Umwandlungseinheit 122 den Schwellenwert aus der Schwellenwertgruppe-Datenbank 132 und wandelt das Mehrpegelsignal auf der Grundlage des Schwellenwerts in ein Binärsignal um.

[0046] Da es sich bei den Betriebsdaten um ein Binärsignal handelt und das Binärsignal von der Umwandlungseinheit 122 umgewandelt wurde, berechnet die Vorhersageeinheit 123 unter Verwendung des Vorhersagemodells 133 Vorhersagewerte, die stabile Werte eines als nächstes auszugebenden Signalwertes sind. Alle Eingaben für das Vorhersagemodell 133 sind Binärsignale. Im Folgenden wird das von der Umwand-

lungseinheit 122 aus dem Mehrpegelsignal in den Betriebsdaten umgewandelte Binärsignal, d. h. das von der Umwandlungseinheit 122 ausgegebene Binärsignal, als umgewandeltes Binärsignal bezeichnet.

[0047] Es ist zu beachten, dass die Beurteilungseinheit 124 die Betriebsdaten aus der Betriebsdatenbank 131 erhält und die Umwandlungseinheit 122 und die Vorhersageeinheit 123 aufruft, so dass ein Umwandlungsprozess durch die Umwandlungseinheit 122 und ein Vorhersageprozess durch die Vorhersageeinheit 123 ausgeführt werden.

[0048] Die Beurteilungseinheit 124 vergleicht das Binärsignal in den Betriebsdaten und einen tatsächlichen Messwert des umgewandelten Binärsignals mit den von der Vorhersageeinheit 123 ausgegebenen Vorhersagewerten. Anhand des Vergleichsergebnisses beurteilt die Beurteilungseinheit 124, ob die Betriebsdaten stabil sind oder nicht, d. h. ob die Betriebsdaten mit dem erlernten normalen Signalmuster übereinstimmen. Die Beurteilungseinheit 124 gibt ein Beurteilungsergebnis als Information zur Beurteilung der Instabilität aus. Wenn festgestellt wird, dass die Betriebsdaten unstetig bzw. instationär sind, ruft die Beurteilungseinheit 124 die Identifizierungseinheit 125 an und identifiziert mit der Identifizierungseinheit 125 einen instabilen Teil. Die Beurteilungseinheit 124 ruft auch die Anzeigeeinheit 127 an und zeigt das Beurteilungsergebnis auf der Anzeigevorrichtung durch die Anzeigeeinheit 127 an.

[0049] Die Identifizierungseinheit 125 identifiziert auf der Grundlage des Binärsignals in den Betriebsdaten und des umgewandelten Binärsignals sowie auf der Grundlage des Vorhersagewerts des Binärsignals und des Vorhersagewerts des umgewandelten Binärsignals, welches Signal instabil war und wann es instabil war. Die Identifizierungseinheit 125 gibt die identifizierten Informationen als Informationen zur Identifizierung von Instabilitäten aus.

[0050] Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 bestimmt auf der Grundlage des Vorhersagewerts des umgewandelten Binärsignals einen stabilen Bereich des Signalwerts im Mehrpegelsignal wie vor der Umwandlung in das umgewandelte Binärsignal.

[0051] Die Anzeigeeinheit 127 kann den instabilen Bereich im Mehrpegelsignal ermitteln, indem sie die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aufruft.

[0052] Unter Verwendung des stabilen Bereichs im Mehrpegelsignal zeigt die Anzeigeeinheit 127 Informationen wie den tatsächlichen Messwert der Betriebsdaten, die von der Vorhersageeinheit 123 ausgegebenen Vorhersagewerte, die von der Beurteilungseinheit 124 ausgegebenen Informationen zur Beurteilung der Instabilität und die von der Identifizierungseinheit 125 ausgegebenen Informationen zur Identifizierung der Instabilität sichtbar auf der Anzeigevorrichtung an, so dass sie leicht erkannt werden können.

*** Beschreibung von Funktionsweisen***

[0053] Im Folgenden wird die Funktionsweise des System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500 gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Ein Betriebsablauf des Systems zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500 entspricht dem Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs. Ein Programm, das die Betriebsabläufe des Systems zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500 implementiert, entspricht dem Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs, das den Computer veranlasst, einen Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs auszuführen. Die Betriebsabläufe des Systems zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500 sind Betriebsabläufe der einzelnen Vorrichtungen des Systems zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 500.

<Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0054] Fig. 5 ist ein allgemeines Flussdiagramm eines Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs durch die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0055] Unter Bezugnahme auf Fig. 5 werden Einzelheiten des Schritts S107 „Berechnungsprozess einer Existenzwahrscheinlichkeit eines Signalwerts eines Mehrpegelsignals“ und des Schritts S108 „Bestimmungsprozess eines stabilen Bereichs des Signalwerts des Mehrpegelsignals“ später beschrieben.

<<Erwerbungsprozess>>

[0056] In Schritt S101 kopiert die Erwerbungsinheit 121 die Betriebsdaten vom Datensammlungsserver 200 über die Kommunikationseinrichtung 950 in die Betriebsdatenbank 131. Wenn zum Beispiel die vom Datensammlungsserver 200 ausgegebenen Betriebsdaten ein Binärsignal, das EIN und AUS eines Sensors ausdrückt, und ein Mehrpegelsignal, das einen Drehmomentwert einer Roboterhand ausdrückt, enthalten, werden sowohl das Binärsignal als auch das Mehrpegelsignal in der Betriebsdatenbank 131 als Betriebsdaten gespeichert.

[0057] Für den Vorhersageprozess durch die Vorhersageeinheit 123 sind Betriebsdaten erforderlich, die einen festgelegten Zeitraum in der Vergangenheit abdecken. In der Betriebsdatenbank 131 werden daher die für den Vorhersageprozess erforderlichen Betriebsdaten für den vergangenen, festgelegten Zeitraum gespeichert.

[0058] Es ist zu beachten, dass die Erwerbungsinheit 121 die Betriebsdaten vom Datensammlungsserver 200 so weit wie möglich in Echtzeit in die Betriebsdatenbank 131 kopiert.

<<Umwandlungsprozess>>

[0059] In Schritt S102 wandelt die Umwandlungseinheit 122 aus den in der Betriebsdatenbank 131 gespeicherten Betriebsdaten Signaldaten des Mehrpegelsignals in Signaldaten des Binärsignals um. Die Umwandlungseinheit 122 setzt mindestens einen Schwellenwert für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal und wandelt das Mehrpegelsignal unter Verwendung des Schwellenwerts in mindestens ein Binärsignal um.

[0060] Konkret holt sich die Umwandlungseinheit 122 den Schwellenwert aus der Schwellenwertgruppe-Datenbank 132. Auf der Grundlage des Schwellenwerts wandelt die Umwandlungseinheit 122 aus den in der Betriebsdatenbank 131 gespeicherten Betriebsdaten die Signaldaten des Mehrpegelsignals in die Signaldaten des Binärsignals um. Die Einzelheiten des Umwandlungsprozesses werden später beschrieben.

<<Vorhersageprozess>>

[0061] In Schritt S103 sagt die Vorhersageeinheit 123 die nächsten Signalwerte aus dem vergangenen Binärsignal, das in der Betriebsdatenbank 131 gespeichert ist, und aus dem umgewandelten Binärsignal voraus, das aus dem vergangenen Mehrpegelsignal umgewandelt wurde, das in der Betriebsdatenbank 131 gespeichert ist. Für die Vorhersage wird das von der Modellerzeugungseinheit 110 im Voraus erstellte Vorhersagemodell 133 verwendet.

[0062] Die Vorhersageeinheit 123 gibt das ursprünglich in den Betriebsdaten enthaltene Binärsignal und das umgewandelte Binärsignal in das Vorhersagemodell 133 ein und gibt Vorhersagewerte aus, die stabilen Signalwerte des in den Betriebsdaten enthaltenen Signals sind. Insbesondere in Bezug auf das von der Umwandlungseinheit 122 umgewandelte Binärsignal (umgewandeltes Binärsignal) gibt die Vorhersageeinheit 123 das umgewandelte Binärsignal in das Vorhersagemodell 133 ein und gibt einen Vorhersagewert des umgewandelten Binärsignals als Vorhersagewert des umgewandelten Binärsignals aus.

<<Beurteilungsprozess >>

[0063] In Schritt S104 vergleicht die Beurteilungseinheit 124 den in Schritt S103 berechneten Vorhersagewert der Betriebsdaten mit dem tatsächlichen Messwert des Signals der Betriebsdaten, die in der Betriebsdatenbank 131 gespeichert sind, und berechnet einen Abnormalitätsgrad bzw. Abweichungsgrad.

[0064] In Schritt S105 beurteilt die Beurteilungseinheit 124 auf der Grundlage des in Schritt S104 berechneten Abnormalitätsgrades, ob die Betriebsdaten stabil oder instabil sind.

[0065] Wenn festgestellt wird, dass die Betriebsdaten instabil sind, fährt die Beurteilungseinheit 124 mit Schritt S106 fort. Wenn festgestellt wird, dass die Betriebsdaten stabil sind, fährt die Beurteilungseinheit 124 mit Schritt S107 fort.

<<Bereich-Bestimmungsprozess>>

[0066] In Schritt S106 stellt die Identifizierungseinheit 125 fest, welches Signal wann instabil war. Insbesondere kann die Identifizierungseinheit 125 einen instabilen Teil identifizieren, indem sie ein Signal extrahiert, dessen Vorhersagewert und tatsächlicher Messwert um einen festgelegten Wert oder mehr voneinander abweichen, und indem sie einen Zeitpunkt extrahiert, zu dem die Differenz aufgetreten ist.

<<Bereich-Bestimmungsprozess>>

[0067] Unter Bezugnahme auf Schritt S107 und Schritt S108 wird nun ein Bereich-Bestimmungsprozess durch die Bereich-Bestimmungseinheit 126 beschrieben.

[0068] In Schritt S107 berechnet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus dem in Schritt S103 berechneten Vorhersagewert des Signals der Betriebsdaten eine Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals in dem Bereich liegt. Insbesondere berechnet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 auf der Grundlage des umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewerts und des Schwellenwerts eine Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des in den Betriebsdaten enthaltenen Mehrpegelsignals in einem auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmten Bereich liegt.

[0069] Der umgewandelte Binärsignal-Vorhersagewert ist der Vorhersagewert des umgewandelten Binärsignals, der durch Eingabe des von der Umwandlungseinheit 122 umgewandelten Binärsignals in das Vorhersagemodell 133 erhalten wird. Der Schwellenwert ist der Schwellenwert, der bei der Umwandlung des Mehrpegelsignals in das Binärsignal verwendet wird.

[0070] In Schritt S108 bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 den stabilen Bereich des in den Betriebsdaten enthaltenen Mehrpegelsignals auf der Grundlage der in Schritt S107 berechneten Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals in dem Bereich liegt.

[0071] In Schritt S109 präsentiert die Anzeigeeinheit 127 dem Benutzer ein Beurteilungsergebnis des in den Betriebsdaten enthaltenen Binärsignals oder Mehrpegelsignals. In dem Beispiel der vorliegenden Ausführungsform wird das Beurteilungsergebnis dem Benutzer durch Anzeige auf dem Anzeigegerät präsentiert. Alternativ kann das Beurteilungsergebnis dem Benutzer durch ein anderes Verfahren präsentiert werden, z. B. durch Ausgabe des Ergebnisses auf einem Drucker oder durch Ausgabe des Ergebnisses als elektronische Daten.

[0072] Die Anzeigeeinheit 127 zeigt das Verhalten des Signals in Form einer Zeitreihe an. Handelt es sich bei dem Signal um ein Binärsignal, zeigt die Anzeigeeinheit 127 einen Vorhersagewert des Binärsignals an, der das normale Verhalten ausdrückt.

[0073] Im Falle eines Mehrpegelsignals zeigt die Anzeigeeinheit 127 den Signalwert des Mehrpegelsignals durch Überlagerung über den Bereich an, der den stabilen Bereich umfasst und auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wird. Beispielsweise kann die Anzeigeeinheit 127 einen Hintergrund des in Schritt S108 ermittelten stabilen Bereichs in einer ersten Farbe (z. B. grün) anzeigen, den vom stabilen Bereich abweichenden Hintergrund in einer zweiten Farbe (z. B. gelb) oder einer dritten Farbe (z. B. rot) entsprechend dem Abweichungsgrad vom stabilen Bereich anzeigen und den Signalwert des Mehrpegelsignals überlagern. Darüber hinaus kann die Anzeigeeinheit 127 eine Linie anzeigen, die den vom stabilen Bereich abweichenden Signalwert in einer zweiten Farbe (z. B. gelb) oder einer dritten Farbe (z. B. rot) anzeigt, je nach Abweichungsgrad.

[0074] Jeder Prozess wird im Detail beschrieben.

[0075] Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein spezielles Beispiel für den Umwandlungsprozess gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0076] Die Umwandlungseinheit 122 wandelt das Mehrpegelsignal in mindestens ein Binärsignal um und verwendet dabei mindestens einen Schwellenwert. Das Mehrpegelsignal muss nicht immer in ein Binärsignal umgewandelt werden, wenn mehrere Schwellenwerte verwendet werden. Das Mehrpegelsignal wird in Binärsignale umgewandelt, die eine bestimmte Anzahl von Schwellenwerten aufweisen. Wenn zwei Schwellenwerte für den Mehrpegelwert wie in Fig. 6 eingestellt werden, wird das Mehrpegelsignal in zwei Binärsignale umgewandelt.

[0077] Konkret wandelt die Umwandlungseinheit 122 das Mehrpegelsignal in ein Binärsignal um, das den Wert 1 annimmt, wenn der Signalwert des Mehrpegelsignals zu jedem Zeitpunkt den Schwellenwert überschreitet, und andernfalls den Wert 0 annimmt.

[0078] Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Eingabe/Ausgabe des Vorhersagemodells 133 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0079] Das Vorhersagemodell 133 lernt ein Signalmuster eines normalen Binärsignals und gibt einen Vorhersagewert des Signals aus. Der Vorhersagewert ist ein reeller Zahlenwert von 0 oder mehr bis 1 oder weniger, wie in Fig. 7 dargestellt, und entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert zum nächsten Zeitpunkt 1 wird. Die Ausgabe weist kein zeitliches Wechsellmuster des Binärsignals auf, sondern drückt einen Vorhersagewert jedes Binärsignals für nur einen nächsten Zeitpunkt aus.

[0080] Es sei angenommen, dass Signal 1 als frühere Signaldaten die Werte 0, 0, 1, 1, 1 und Signal 2 die Werte 1, 1, 1, 1, 0 annehmen. Wenn diese Werte in das Vorhersagemodell eingegeben werden, wird ein Wert von 0,8 als Vorhersagewert des Signals 1 ausgegeben, und ein Wert von 0,2 wird als Vorhersagewert des Signals 2 ausgegeben. Das bedeutet, dass zu diesem Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit, dass der Wert des Signals 1 zum nächsten Zeitpunkt 1 sein wird, 0,8 beträgt, und die Wahrscheinlichkeit, dass der Wert des Signals 2 zum nächsten Zeitpunkt 1 sein wird, 0,2.

[0081] Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Beispiel zeigt, bei dem die Vorhersagewerte eines Signals im Vorhersageprozess gemäß der vorliegenden Ausführungsform in einer Zeitreihe ausgegeben werden.

[0082] In Fig. 8 wird die Vorhersage wiederholt durchgeführt, und die Vorhersagewerte der einzelnen Zeitpunkte werden in einer Zeitreihe angeordnet. Der Einfachheit halber ist in Fig. 8 die Eingabe/Ausgabe ein einziges Signal, d. h. ein Binärsignal, das aus einem Schwellenwert gewonnen wird.

[0083] Fig. 9 ist ein Diagramm, das ein Beispiel zeigt, in dem Vorhersagewerte in drei Signalen in einer Zeitreihe im Vorhersageprozess gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgegeben werden.

[0084] In Fig. 9 sind die Vorhersagewerte von drei Signalen in einer Zeitreihe dargestellt. Eine Vielzahl von Signalwerten desselben Zeitpunkts werden alle zusammen auf einmal vom Vorhersagemodell ausgegeben. Das heißt, Vorhersagewert 1 bis Vorhersagewert 4 in Fig. 9 werden alle zusammen auf einmal vom Vorhersagemodell ausgegeben.

[0085] Fig. 10 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform in dem Bereich liegt.

[0086] Wie oben beschrieben, ist der von der Vorhersageeinheit 123 ausgegebene Vorhersagewert ein reeller Zahlenwert von 0 oder mehr bis 1 oder weniger und entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert zu jedem Zeitpunkt 1 wird. Der Vorhersagewert des aus dem Mehrpegelsignals umgewandelten Binärsignals, der zu 1 wird, wenn der Signalwert einen Schwellenwert überschreitet, und andernfalls zu 0 wird, entspricht also der Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert diesen Schwellenwert überschreitet. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich zwischen zwei Schwellenwerten liegt, ergibt sich aus der folgenden Formel (1).

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich zwischen zwei Schwellenwerten liegt) = (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert einen unterseitigen Schwellenwert überschreitet) – (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert einen oberseitigen Schwellenwert überschreitet) <Formel (1)>

[0087] Die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich oberhalb eines Maximalschwellenwerts liegt, und die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich unterhalb eines Maximalschwellenwerts liegt, ergeben sich aus Formel (2) bzw. Formel (3).

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich oberhalb eines Maximalschwellenwerts liegt) = (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert den Maximalschwellenwert überschreitet) <Formel (2)>

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich unterhalb eines Minimalen Schwellenwerts liegt) = 1 - (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert einen Minimalen Schwellenwert überschreitet) <Formel (3)>

[0088] Wie oben beschrieben, wird die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals im Bereich liegt, aus dem Vorhersagewert des umgewandelten Binärsignals berechnet, indem ein Schwellenwert für das Mehrpegelsignal festgelegt wird. Die Wahrscheinlichkeit ist ein reeller Zahlenwert von 0 oder mehr bis 1 oder weniger.

[0089] In der Umwandlungseinheit 122 können mehrere Schwellenwerte für das Mehrpegelsignal eingestellt werden, und das Mehrpegelsignal kann in ein Binärsignal umgewandelt werden, das 1 annimmt, wenn der Signalwert einen Schwellenwert überschreitet, und andernfalls 0 annimmt. In diesem Fall entspricht der Vorhersagewert des Binärsignals der Wahrscheinlichkeit, dass ein Signalwert zu jedem Zeitpunkt unter den Schwellenwert fällt. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich zwischen zwei Schwellenwerten liegt, die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich über einem Maximalschwellenwert liegt, und die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich unter einem Minimalen Schwellenwert liegt, ergeben sich aus Formel (4), Formel (5) bzw. Formel (6).

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich zwischen zwei Schwellenwerten liegt) = (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert einen oberseitigen Schwellenwert unterschreitet) - (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert einen unterseitigen Schwellenwert unterschreitet) <Formel (4)>

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich oberhalb eines Maximalschwellenwerts liegt) = 1 - (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert unter den Maximalschwellenwert fällt) <Formel (5)>

(Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich unterhalb eines Minimalen Schwellenwerts liegt) = (Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert unter einen Minimalen Schwellenwert fällt) <Formel (6)>

[0090] Fig. 11 ist ein detailliertes Flussdiagramm eines Verfahrens zur Berechnung einer In-Range-Wahrscheinlichkeit des Signalwerts des Mehrpegelsignals gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0091] In Schritt S201 wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen nicht ausgewählten Schwellenwert aus der Vielzahl der Schwellenwerte aus, die bei der Umwandlung des Mehrpegelsignals in das Binärsignal verwendet werden.

[0092] In Schritt S202 beurteilt die Bereich-Bestimmungseinheit 126, ob ein Schwellenwert mit einem kleineren Wert als der ausgewählte Schwellenwert existiert oder nicht. Wenn ein solcher Schwellenwert vorhanden ist, geht die Bereich-Bestimmungseinheit 126 zu Schritt S203 über. Ist ein solcher Schwellenwert nicht vorhanden, geht die Bereich-Bestimmungseinheit 126 zu Schritt S204 über.

[0093] Wenn ein Schwellenwert mit einem kleineren Wert als der ausgewählte Schwellenwert vorhanden ist, dann berechnet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 in Schritt S203 eine Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich zwischen dem ausgewählten Schwellenwert und einem unteren Schwellenwert neben dem ausgewählten Schwellenwert vorhanden ist.

[0094] Wenn es keinen Schwellenwert mit einem kleineren Wert als dem gewählten Schwellenwert gibt, berechnet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 in Schritt S204 eine Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich unterhalb des Minimalen Schwellenwerts liegt.

[0095] In den Schritten S205 und S206 beurteilt die Bereich-Bestimmungseinheit 126, ob es einen nicht ausgewählten Schwellenwert gibt. Wenn es einen nicht ausgewählten Schwellenwert gibt, kehrt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 zu Schritt S201 zurück und wiederholt die Verarbeitung, bis es keinen nicht ausgewählten Schwellenwert mehr gibt.

[0096] Wenn es keinen nicht ausgewählten Schwellenwert gibt, berechnet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 in Schritt S207 eine Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert in einem Bereich oberhalb des Maximalschwellenwerts liegt.

[0097] Im Folgenden wird das Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs des Mehrpegelsignals beschrieben.

< Erstes Bestimmungsverfahren für den Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0098] Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel eines ersten Bestimmungsverfahrens des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0099] Gemäß dem ersten Bestimmungsverfahren bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich. Der ermittelte Wert ist ein im Voraus festgelegter Wert.

[0100] Konkret nimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit des Signalwerts an demselben Punkt einen festgelegten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich. Fig. 12 zeigt ein Beispiel, in dem ein Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit 0,5 oder mehr beträgt, als stabiler Bereich festgelegt wird.

< Zweites Bestimmungsverfahren für den Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0101] Gemäß dem zweiten Bestimmungsverfahren bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit maximal ist, als den stabilen Bereich.

[0102] Insbesondere nimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit des Signalwerts an demselben Punkt maximal ist, als den stabilen Bereich.

[0103] Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für das zweite Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0104] Fig. 13 zeigt ein Bestimmungsverfahren nach der Auswahl eines Bereichs mit absteigender Wahrscheinlichkeitsreihenfolge.

[0105] Bei dem Bestimmungsverfahren nach der Auswahl eines Bereichs mit absteigender Wahrscheinlichkeitsreihenfolge wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, Bereiche in absteigender Reihenfolge der Wahrscheinlichkeit aus und bestimmt die ausgewählten Bereiche, bis die Wahrscheinlichkeiten insgesamt einen bestimmten Wert oder mehr erreichen, jeweils als den stabilen Bereich.

[0106] Konkret wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 Bereiche in absteigender Reihenfolge der Wahrscheinlichkeit desselben Zeitpunkts aus und nimmt die ausgewählten Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeiten auf einen festgelegten Wert oder mehr summieren, jeweils als den stabilen Bereich.

[0107] In Schritt S301 wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen nicht ausgewählten Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeit des Wertes maximal ist.

[0108] In Schritt S302 wiederholt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 den Schritt S301 so lange, bis die Wahrscheinlichkeiten der ausgewählten Bereiche insgesamt den festgelegten Wert oder mehr erreichen.

[0109] In Schritt S303, wenn die Wahrscheinlichkeiten der ausgewählten Bereiche den festgelegten Wert oder mehr erreichen, bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 die ausgewählten Bereiche, jeden als den stabilen Bereich.

[0110] Fig. 14 ist ein Flussdiagramm, das ein weiteres Beispiel für das zweite Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0111] Fig. 14 veranschaulicht ein Bestimmungsverfahren gemäß der Auswahl eines benachbarten Höchstwahrscheinlichkeitsbereichs.

[0112] Bei dem Bestimmungsverfahren gemäß der Auswahl benachbarter Bereiche mit maximaler Wahrscheinlichkeit wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, wiederholt einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeit maximal ist, und wählt aus den Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeit größer ist. Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 bestimmt so lange ausgewählte Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeiten der ausgewählten Bereiche auf einen bestimmten Wert oder mehr summieren, jeweils als stabiler Bereich.

[0113] Insbesondere wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 wiederholt einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeit desselben Zeitpunkts maximal ist, und wählt aus den Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeit größer ist; und nimmt die ausgewählten Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeiten auf einen festgelegten Wert oder mehr summieren, als den stabilen Bereich.

[0114] In Schritt S401 bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit des Wertes maximal ist, jeweils als den stabilen Bereich.

[0115] In Schritt S402 geht die Bereich-Bestimmungseinheit 126 zu Schritt S403 über, wenn die Wahrscheinlichkeiten der stabilen Bereiche insgesamt nicht den festgelegten Wert oder mehr erreichen. Erreichen die Wahrscheinlichkeiten der stabilen Bereiche den festgelegten Wert oder mehr, beendet die Bereich-Bestimmungseinheit 126 die Verarbeitung.

[0116] In Schritt S403 bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den an den stabilen Bereich angrenzenden Bereichen einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit höher ist, als den stabilen Bereich. Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 wiederholt Schritt S402 und Schritt S403, bis die Wahrscheinlichkeiten der stabilen Bereiche den festgelegten Wert oder mehr erreichen.

< Drittes Bestimmungsverfahren für den Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0117] Fig. 15 ist ein Diagramm, das ein spezifisches Beispiel für ein drittes Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0118] Gemäß dem dritten Verfahren bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem eine Wahrscheinlichkeitsdichte, die ein Wert ist, der durch Division der Wahrscheinlichkeit durch eine Breite des Bereichs erhalten wird, einen bestimmten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich.

[0119] Insbesondere nimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich, in dem eine Wahrscheinlichkeitsdichte des Signalwerts desselben Zeitpunkts einen festgelegten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich. Fig. 15 zeigt einen Fall, in dem Wahrscheinlichkeitsdichten berechnet werden und Bereiche, in denen die Wahrscheinlichkeitsdichten 0,0100 oder mehr betragen, als stabiler Bereich bestimmt werden.

[0120] Bei der Bestimmung des stabilen Bereichs gilt: Je größer die Breite des Bereichs, desto höher die Wahrscheinlichkeit des Wertes. Daher wird der stabile Bereich auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsdichte bestimmt, so dass es möglich ist, den Stabilitätsgrad eines Bereichs mit geringer Breite und entsprechend geringer Wahrscheinlichkeit hoch zu bewerten.

< Viertes Bestimmungsverfahren für den Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0121] Im vierten Bestimmungsverfahren werden Varianten des Bestimmungsverfahrens beschrieben, das die Wahrscheinlichkeitsdichte verwenden.

[0122] Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 kann aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit am größten ist, als den stabilen Bereich bestimmen.

[0123] Konkret nimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte desselben Zeitpunkts maximal ist, als stabilen Bereich.

[0124] Alternativ kann die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage der Schwellenwerte bestimmt werden, Bereiche in absteigender Reihenfolge der Wahrscheinlichkeitsdichte auswählen und die ausgewählten Bereiche, bis die Wahrscheinlichkeitsdichten insgesamt einen bestimmten Wert oder mehr erreichen, jeweils als den stabilen Bereich bestimmen.

[0125] Konkret wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 einen Bereich in absteigender Reihenfolge der Wahrscheinlichkeit desselben Zeitpunkts aus und nimmt die ausgewählten Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeitsdichten auf einen festgelegten Wert oder mehr summieren, jeweils als den stabilen Bereich.

[0126] Alternativ dazu wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, wiederholt einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte maximal ist, und wählt aus den Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte größer ist. Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 kann dann Bereiche bestimmen, die so lange ausgewählt werden, bis sich die Wahrscheinlichkeitsdichten auf einen bestimmten Wert oder mehr summieren, jeweils als stabilen Bereich.

[0127] Insbesondere wählt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 wiederholt einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte desselben Zeitpunkts maximal ist, und wählt aus den Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich aus, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte größer ist; und nimmt die ausgewählten Bereiche, bis die Wahrscheinlichkeitsdichten insgesamt einen festgelegten Wert oder mehr erreichen, jeweils als den stabilen Bereich.

< Fünftes Bestimmungsverfahren für den Prozess zur Bestimmung eines stabilen Bereichs >

[0128] In einem fünften Bestimmungsverfahren des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs kann die Bereich-Bestimmungseinheit 126 bei der Bestimmung eines stabilen Bereichs eines Mehrpegelsignals schrittweise einen instabilen Bereich bestimmen.

[0129] In einem ersten Verfahren zur schrittweisen Bestimmung eines instabilen Bereichs bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wurden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs, der instabil ist, entsprechend der Wahrscheinlichkeit.

[0130] Konkret bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 den Instabilitätsgrad des Bereichs anhand der Wahrscheinlichkeit des Werts desselben Zeitpunkts. Wenn beispielsweise ein Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit 0,5 oder mehr beträgt, als stabil bestimmt wird, wird ein Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit 0,2 oder mehr bis weniger als 0,5 beträgt, als leicht instabil bestimmt, und ein Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit weniger als 0,2 beträgt, wird als stark instabil bestimmt. Es können drei oder mehr Stufen des Instabilitätsgrads definiert werden.

[0131] Die Bereich-Bestimmungseinheit 126 kann in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wurden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs, der instabil ist, gemäß der Wahrscheinlichkeitsdichte statt gemäß der Wahrscheinlichkeit bestimmen.

[0132] Fig. 16 ist ein Diagramm, das ein spezielles Beispiel für ein zweites Verfahren zur schrittweisen Bestimmung des instabilen Bereichs des Prozesses zur Bestimmung eines stabilen Bereichs gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0133] Fig. 16 zeigt ein Beispiel für die schrittweise Bestimmung eines stabilen Bereichs entsprechend dem Abscheidegrad vom stabilen Bereich.

[0134] Gemäß dem zweiten Verfahren zur schrittweisen Bestimmung des instabilen Bereichs bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wurden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs, der instabil ist, entsprechend des Abscheidegrads vom stabilen Bereich.

[0135] In Fig. 16 bestimmt die Bereich-Bestimmungseinheit 126 den Instabilitätsgrad anhand des Abscheidegrads zwischen dem Bereich und dem stabilen Bereich. Ein Bereich, der an den stabilen Bereich angrenzt, wird als leicht instabil eingestuft, und ein Bereich, der zwei oder mehr Bereiche vom stabilen Bereich entfernt ist, wird als stark instabil eingestuft.

*** Andere Konfigurationen ***

[0136] In der vorliegenden Ausführungsform werden die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 durch Software implementiert. In einer Modifikation können die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 durch Hardware implementiert werden.

[0137] Konkret ist eine Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 mit einer elektronischen Schaltung 909 anstelle eines Prozessors 910 ausgestattet.

[0138] Fig. 17 ist eine Darstellung, die ein Konfigurationsbeispiel der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der Modifikation der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0139] Die elektronische Schaltung 909 ist eine spezielle elektronische Schaltung, die die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 implementiert. Bei der elektronischen Schaltung 909 handelt es sich insbesondere um eine einzelne Schaltung, eine zusammengesetzte Schaltung, einen programmierten Prozessor, einen parallel-programmierten Prozessor, eine Logik-IC, ein GA, einen ASIC oder ein FPGA. Es ist zu beachten, dass GA für Gate Array (Gatteranordnung) steht, ASIC für Application Specific Integrated Circuit (anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis) und FPGA für Field-Programmable Gate Array (vor Ort programmierbare Gatter-Anordnung) steht.

[0140] Die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 können durch eine elektronische Schaltung oder durch eine Vielzahl von elektronischen Schaltungen durch Verteilung implementiert werden.

[0141] Nach einer anderen Modifikation können einige der Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 durch eine elektronische Schaltung und die übrigen Funktionen durch Software implementiert werden. Einige oder alle Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 können durch Firmware implementiert werden.

[0142] Der Prozessor und die elektronische Schaltung werden auch Verarbeitungsschaltkreise genannt. Das heißt, die Funktionen der Modellerzeugungseinheit 110 und der Bestimmungseinheit 120 werden durch Verarbeitungsschaltkreise implementiert.

*** Beschreibung der Wirkung der vorliegenden Ausführungsform ***

[0143] Wie oben beschrieben, wird bei der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ein stabiler Bereich eines Signalwerts eines Mehrpegelsignals auf der Grundlage einer Wahrscheinlichkeit berechnet, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals zwischen zwei Schwellenwerten liegt. Mit der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es daher möglich, der Bedienperson deutlich zu zeigen, wie sich der Signalwert des Mehrpegelsignals im Vergleich zum stationären Bereich unterscheidet.

[0144] Außerdem ist es mit der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform möglich, den stabilen Bereich des Signalwerts des Mehrpegelsignals auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsdichte in dem Bereich zu berechnen.

[0145] Es wird davon ausgegangen, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Signalwert des Mehrpegelsignals im Bereich liegt, mit zunehmender Bereichsbreite steigt. Daher wird bei der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs 100 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der stabile Bereich auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsdichte bestimmt, so dass es möglich ist, den Stabilitätsgrad eines Bereichs mit einer geringen Breite und entsprechend einer geringen Wahrscheinlichkeit angemessen zu bewerten.

[0146] In der obigen Ausführungsform 1 wird jede Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs als unabhängiger Funktionsblock beschrieben. Die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs muss jedoch nicht wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform konfiguriert sein. Der Funktionsblock der Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs kann eine beliebige Konfiguration haben, soweit er die in der obigen Ausführungsform beschriebene Funktion ausführen kann. Auch muss die Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs nicht aus einer einzigen Vorrichtung bestehen, sondern kann ein System sein, das aus einer Vielzahl von Vorrichtungen besteht.

[0147] Mehrere Teile von Ausführungsform 1 können in Kombination ausgeführt werden. Alternativ kann auch ein Teil dieser Ausführungsform umgesetzt werden. Auch kann diese Ausführungsform vollständig oder teilweise durch eine beliebige Kombination ausgeführt werden.

[0148] Das heißt, in Ausführungsform 1 können verschiedene Ausführungsformen frei kombiniert werden, ein beliebiges Element jeder Ausführungsform kann geändert werden, oder ein beliebiges Element kann in jeder Ausführungsform weggelassen werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0149] 31: Betriebsdaten; 100: Vorrichtung zur Bestimmung eines stabilen Bereichs; 110: Modellerzeugungseinheit; 111, 121: Erwerbungsseinheit; 112: Schwellenwertgruppe-Berechnungseinheit; 113, 122: Umwandlungseinheit; 114: Lerneinheit; 120: Bestimmungseinheit; 123: Vorhersageeinheit; 124: Beurteilungseinheit; 125: Identifizierungseinheit; 126: Bereich-Bestimmungseinheit; 127: Anzeigeeinheit; 130: Speichereinheit; 131: Betriebsdatenbank; 132: Schwellenwertgruppe-Datenbank; 133: Vorhersagemodell; 200: Datensammlungsserver; 300: Zielsystem; 301, 302, 303, 304, 305: Ausrüstung; 401, 402: Netzwerk; 500: System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs; 909: Elektronische Schaltung; 910: Prozessor; 921: Arbeitsspeicher; 922: Hilfsspeichervorrichtung; 930: Eingabeschnittstelle; 940: Ausgabeschnittstelle; 950: Kommunikationseinrichtung.

Patentansprüche

1. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500), das einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmt, die das Mehrpegelsignal enthalten, wobei das System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs umfasst:

eine Umwandlungseinheit (122), um mindestens einen Schwellenwert für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal festzulegen und das Mehrpegelsignal unter Verwendung des Schwellenwerts in mindestens ein Binärsignal umzuwandeln;

eine Vorhersageeinheit (123) zum Eingeben des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals in ein Vorhersagemodell (133), das einen stabilen Signalwert der Betriebsdaten vorhersagt, und zum Berechnen eines Vorhersagewerts des durch die Umwandlungseinheit umgewandelten Binärsignals als umgewandelter Binärsignal-Vorhersagewert; und

eine Bereich-Bestimmungseinheit (126), um auf der Grundlage des umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewerts und des Schwellenwerts eine Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, in einem Bereich existiert, der auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wird, und um den stabilen Bereich des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit zu bestimmen.

2. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1, umfassend eine Anzeigeeinheit (127) zum Anzeigen des Signalwerts des in den Betriebsdaten enthaltenen Mehrpegelsignals durch Überlagerung über den Bereich, der den stabilen Bereich einschließt und auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt wird.

3. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt

werden, einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit einen bestimmten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich bestimmt.

4. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem die Wahrscheinlichkeit maximal ist, als den stabilen Bereich bestimmt.

5. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 4, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, Bereiche in einer absteigenden Reihenfolge der Wahrscheinlichkeit auswählt und ausgewählte Bereiche, bis die Wahrscheinlichkeiten einen bestimmten Wert oder mehr erreichen, jeweils als den stabilen Bereich bestimmt.

6. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 4, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) wiederholt aus Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich auswählt, in dem die Wahrscheinlichkeit maximal ist, und aus Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich auswählt, in dem die Wahrscheinlichkeit größer ist; und ausgewählte Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeiten auf einen bestimmten Wert oder mehr summieren, jeweils als den stabilen Bereich bestimmt.

7. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem eine Wahrscheinlichkeitsdichte, die ein Wert ist, der durch Dividieren der Wahrscheinlichkeit durch eine Breite des Bereichs erhalten wird, einen bestimmten Wert oder mehr hat, als den stabilen Bereich bestimmt.

8. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus den Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich, in dem eine Wahrscheinlichkeitsdichte, die ein Wert ist, der durch Dividieren der Wahrscheinlichkeit durch eine Breite des Bereichs erhalten wird, maximal ist, als den stabilen Bereich bestimmt.

9. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 8, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) aus Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, Bereiche in einer absteigenden Reihenfolge der Wahrscheinlichkeitsdichte auswählt, die ein Wert ist, der durch Dividieren der Wahrscheinlichkeit durch eine Breite des Bereichs erhalten wird, und ausgewählte Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeitsdichten auf einen bestimmten Wert oder mehr summieren, jeweils als den stabilen Bereich bestimmt.

10. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 8, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) wiederholt aus Bereichen, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Bereich auswählt, in dem eine Wahrscheinlichkeitsdichte, die ein Wert ist, der durch Dividieren der Wahrscheinlichkeit durch eine Breite des Bereichs erhalten wird, maximal ist, und aus Bereichen, die an den ausgewählten Bereich angrenzen, einen Bereich auswählt, in dem die Wahrscheinlichkeitsdichte größer ist; und ausgewählte Bereiche, bis sich die Wahrscheinlichkeiten auf einen bestimmten Wert oder mehr summieren, jeweils als den stabilen Bereich bestimmt.

11. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 3, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs, der nicht stabil ist, gemäß der Wahrscheinlichkeit bestimmt.

12. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 7, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs bestimmt, der nicht stabil ist, gemäß der Wahrscheinlichkeitsdichte, die der Wert ist, der durch Teilen der Wahrscheinlichkeit durch die Breite des Bereichs erhalten wird.

13. System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bereich-Bestimmungseinheit (126) in Bezug auf die Bereiche, die jeweils auf der Grundlage des Schwellenwerts bestimmt werden, einen Instabilitätsgrad eines Bereichs, der nicht stabil ist, gemäß einem Abscheidegrad von dem stabilen Bereich bestimmt.

14. Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500), das in einem System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs verwendet wird, das einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmt, die das Mehrpegelsignal enthalten, wobei das Verfahren zur Bestimmung eines stabilen Bereichs umfasst:

durch einen Computer, Festlegen mindestens eines Schwellenwertes für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal und Umwandeln des Mehrpegelsignals in mindestens ein Binärsignal unter Verwendung des Schwellenwertes;

durch den Computer, Eingeben des umgewandelten Binärsignals in ein Vorhersagemodell (133), das einen stabilen Signalwert der Betriebsdaten vorhersagt, und Berechnen eines Vorhersagewerts des umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewerts des umgewandelten Binärsignals; und

durch den Computer, Berechnen, basierend auf dem umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewert und dem Schwellenwert, einer Wahrscheinlichkeit, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, in einem Bereich existiert, der basierend auf dem Schwellenwert bestimmt wird, und Bestimmen des stabilen Bereichs des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, auf der Basis der Wahrscheinlichkeit.

15. Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs (500), das in einem System zur Bestimmung eines stabilen Bereichs verwendet wird, das einen stabilen Bereich eines Mehrpegelsignals in Betriebsdaten bestimmt, die das Mehrpegelsignal enthalten, wobei das Programm zur Bestimmung eines stabilen Bereichs einen Computer dazu veranlasst, auszuführen:

einen Umwandlungsprozess, bei dem mindestens ein Schwellenwert für das in den Betriebsdaten enthaltene Mehrpegelsignal festgelegt wird und das Mehrpegelsignal unter Verwendung des Schwellenwerts in mindestens ein Binärsignal umgewandelt wird;

einen Vorhersageprozess, bei dem das durch den Umwandlungsprozess umgewandelte Binärsignal in ein Vorhersagemodell (133) eingegeben wird, das einen stabilen Signalwert der Betriebsdaten vorhersagt, und ein Vorhersagewert des durch den Umwandlungsprozess umgewandelten Binärsignals als ein umgewandelter Binärsignal-Vorhersagewert berechnet wird; und

einen Bereich-Bestimmungsprozess des Berechnens, basierend auf dem umgewandelten Binärsignal-Vorhersagewert und dem Schwellenwert, einer Wahrscheinlichkeit, dass ein Signalwert des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, in einem Bereich existiert, der basierend auf dem Schwellenwert bestimmt wird, und des Bestimmens des stabilen Bereichs des Mehrpegelsignals, das in den Betriebsdaten enthalten ist, auf der Basis der Wahrscheinlichkeit.

Es folgen 17 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

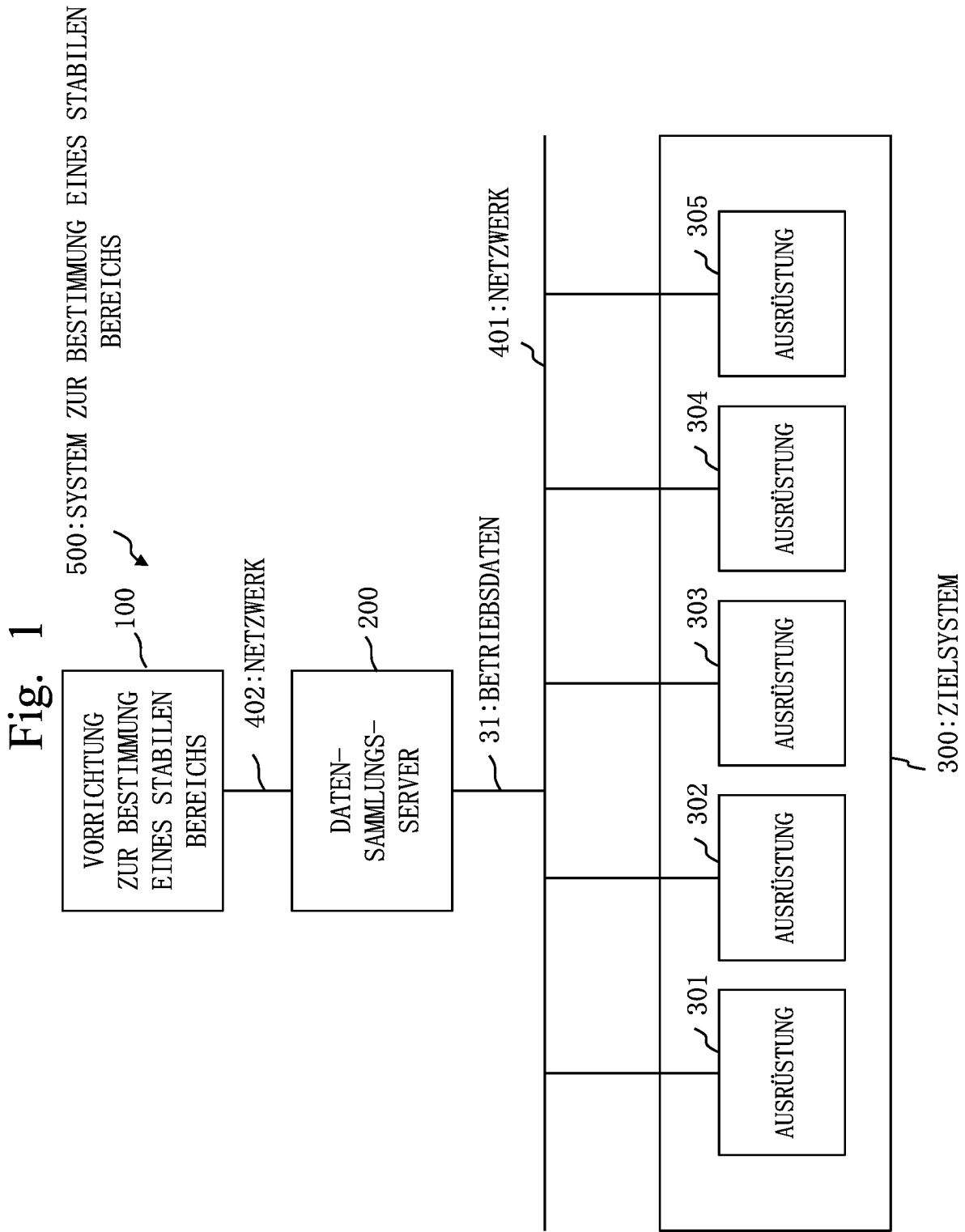


Fig. 2 100:VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG EINES STABILEN BEREICHS

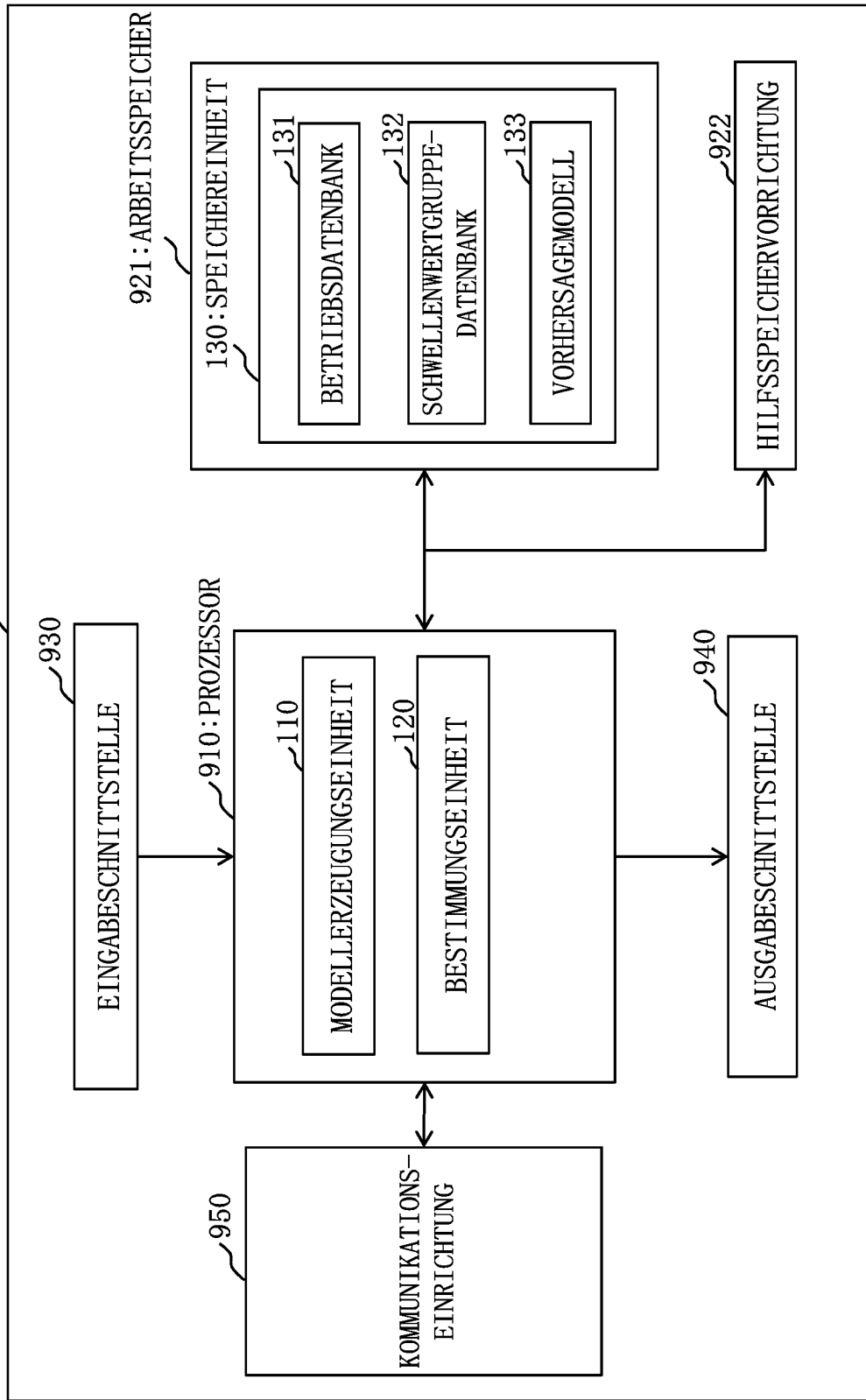


Fig. 3

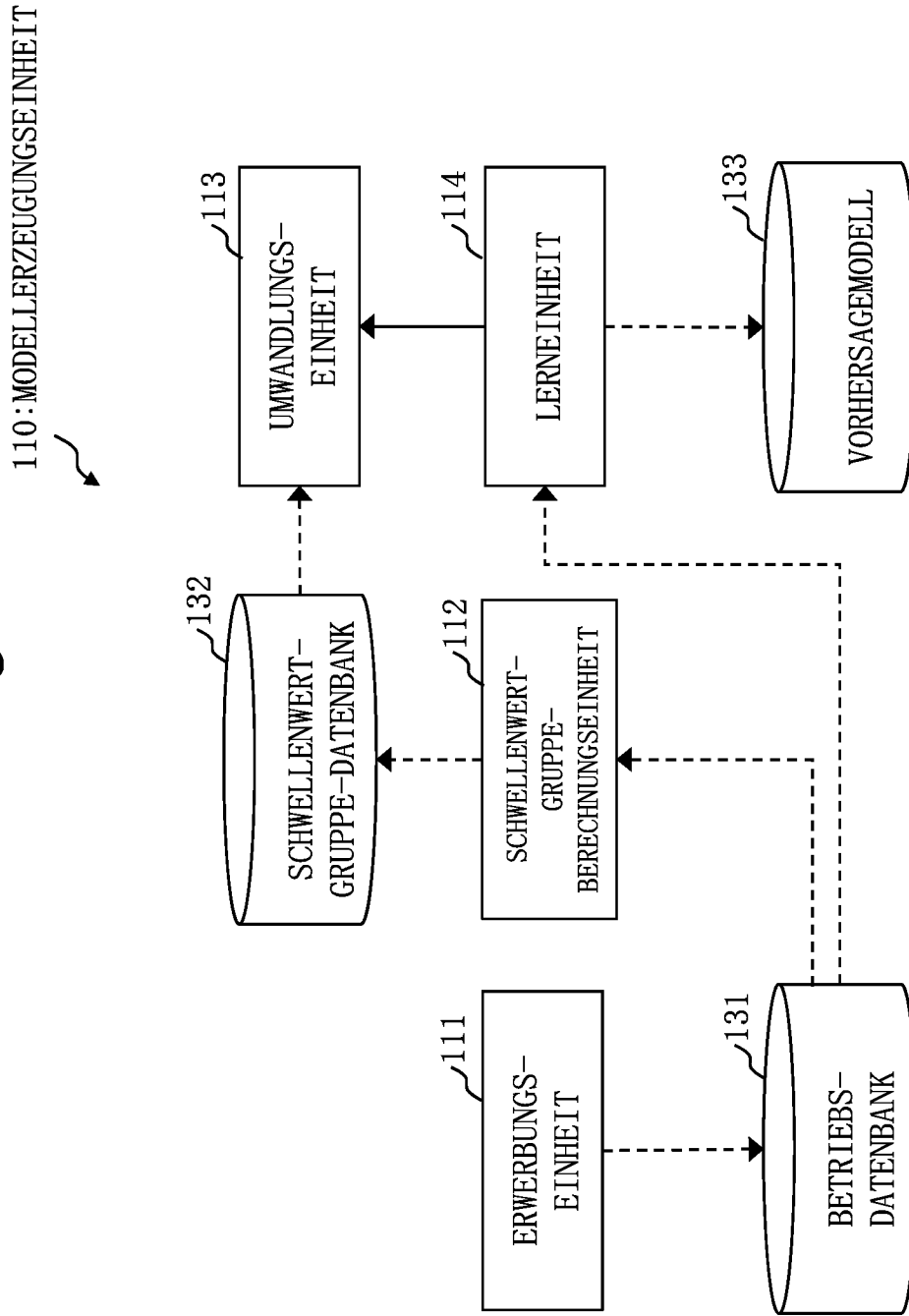


Fig. 4

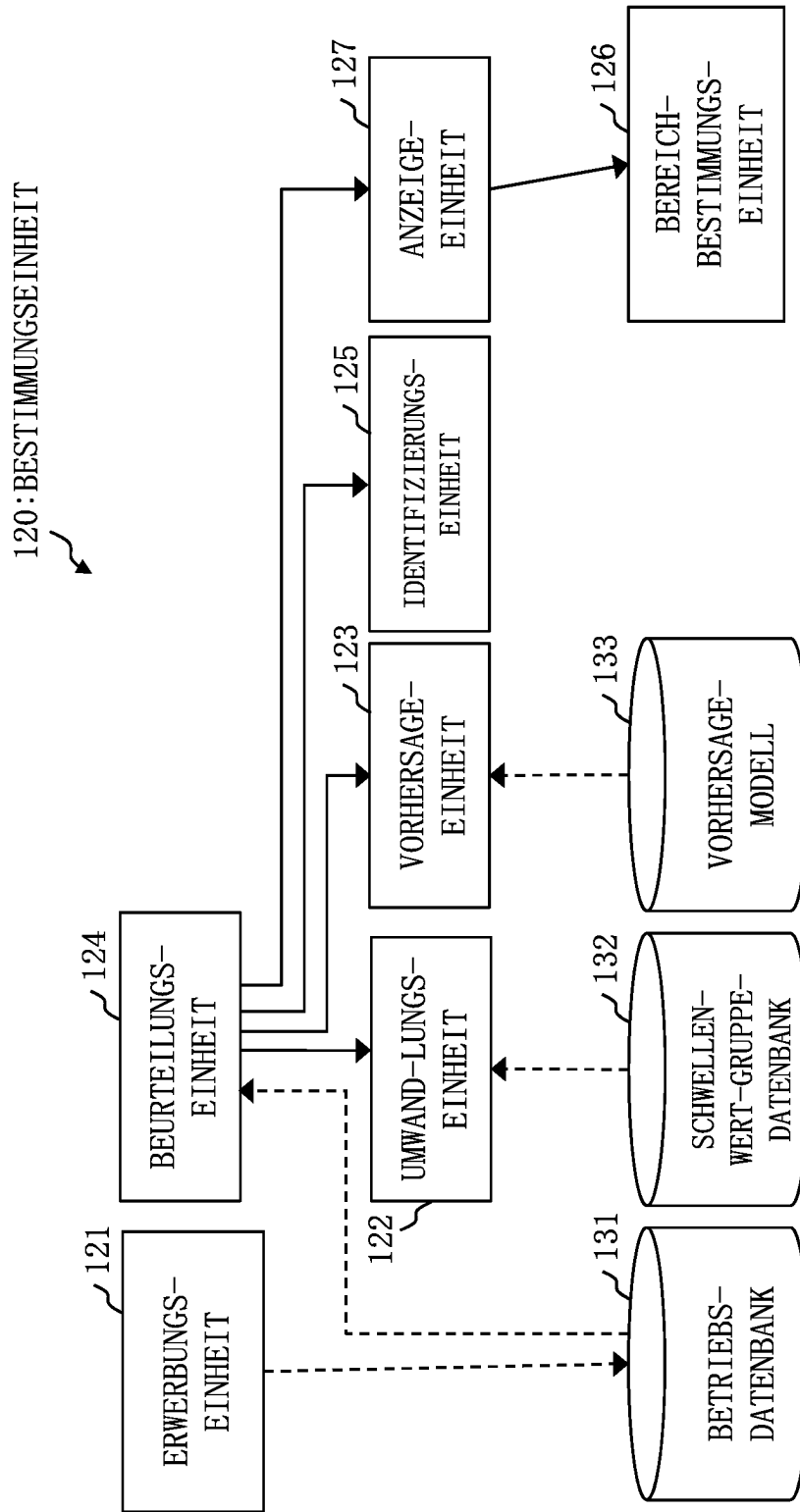


Fig. 5

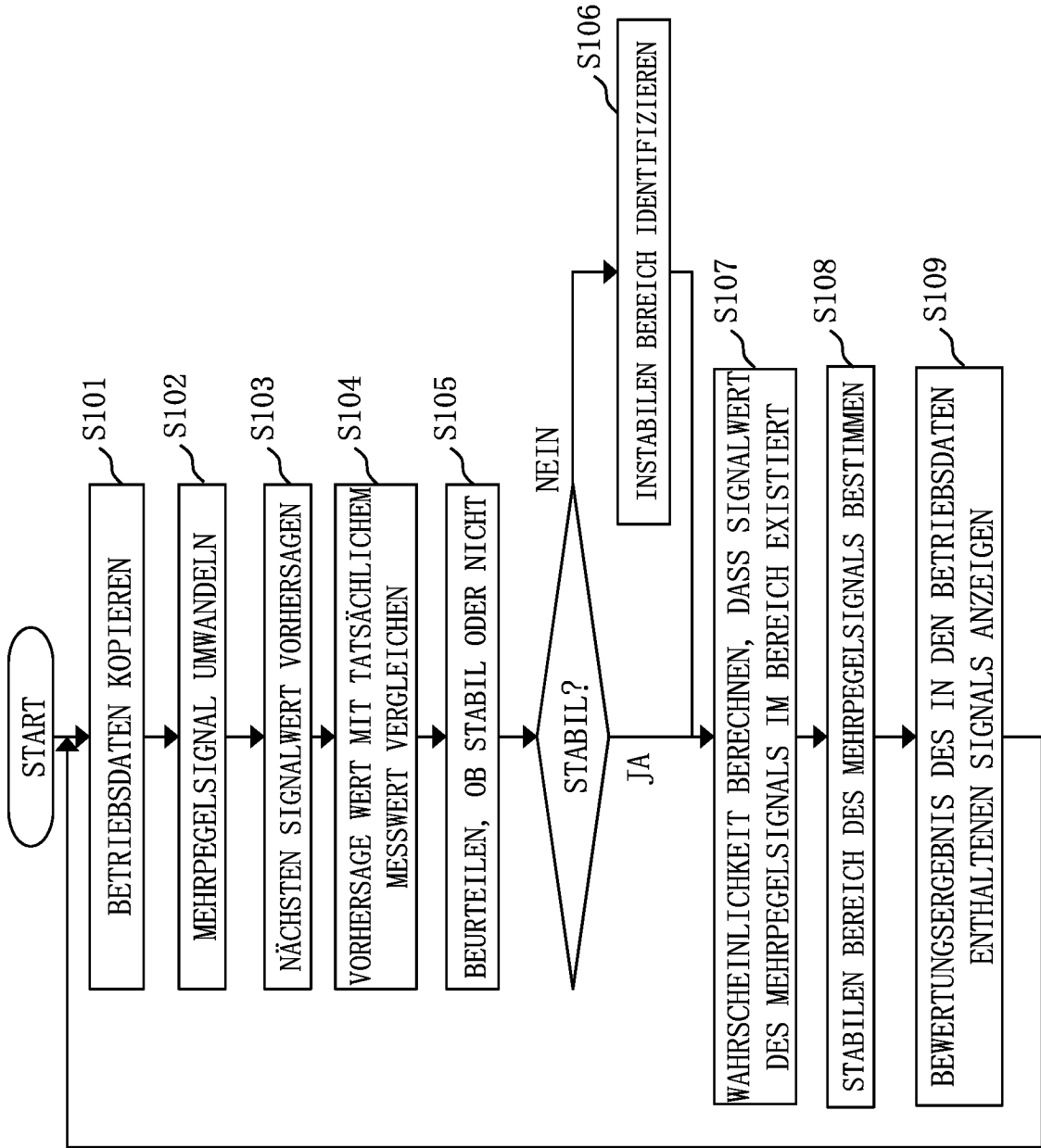


Fig. 6

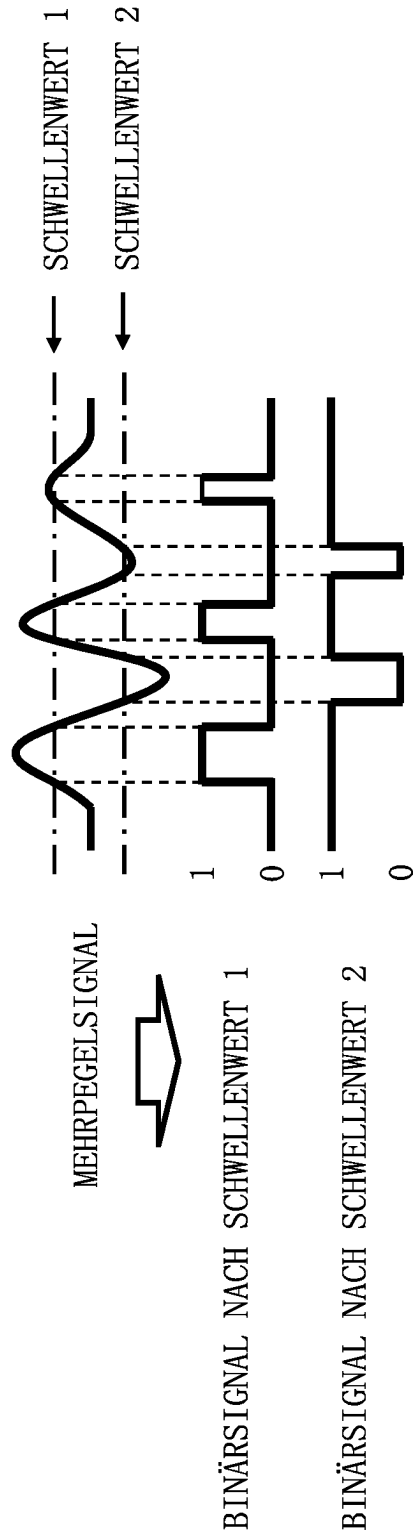


Fig. 7

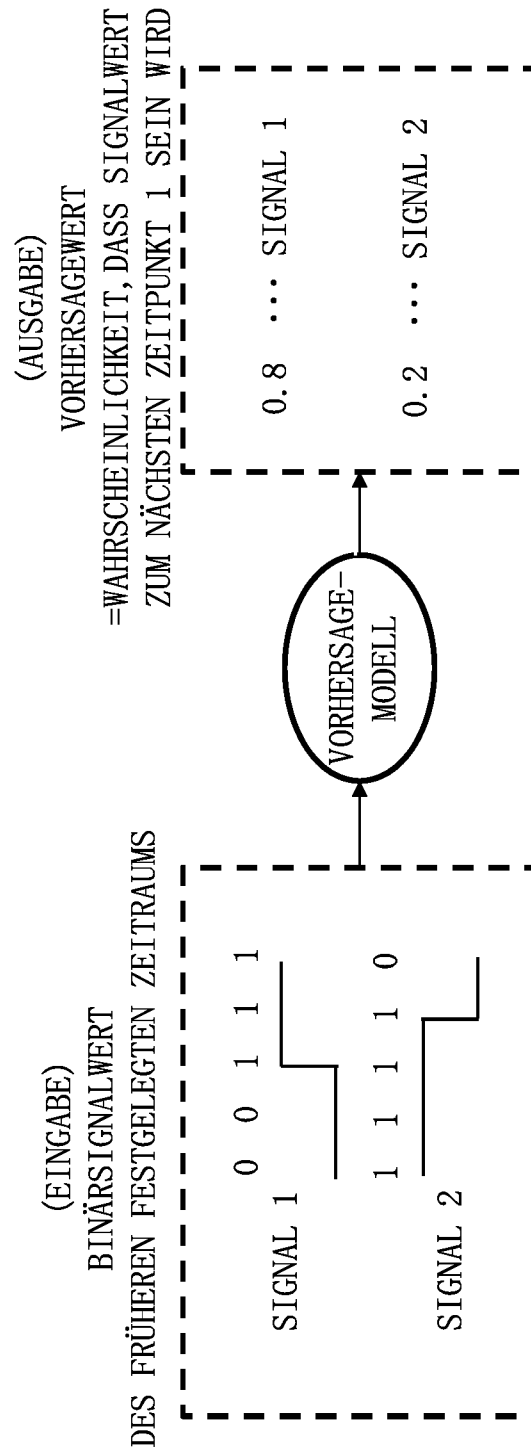


Fig. 8

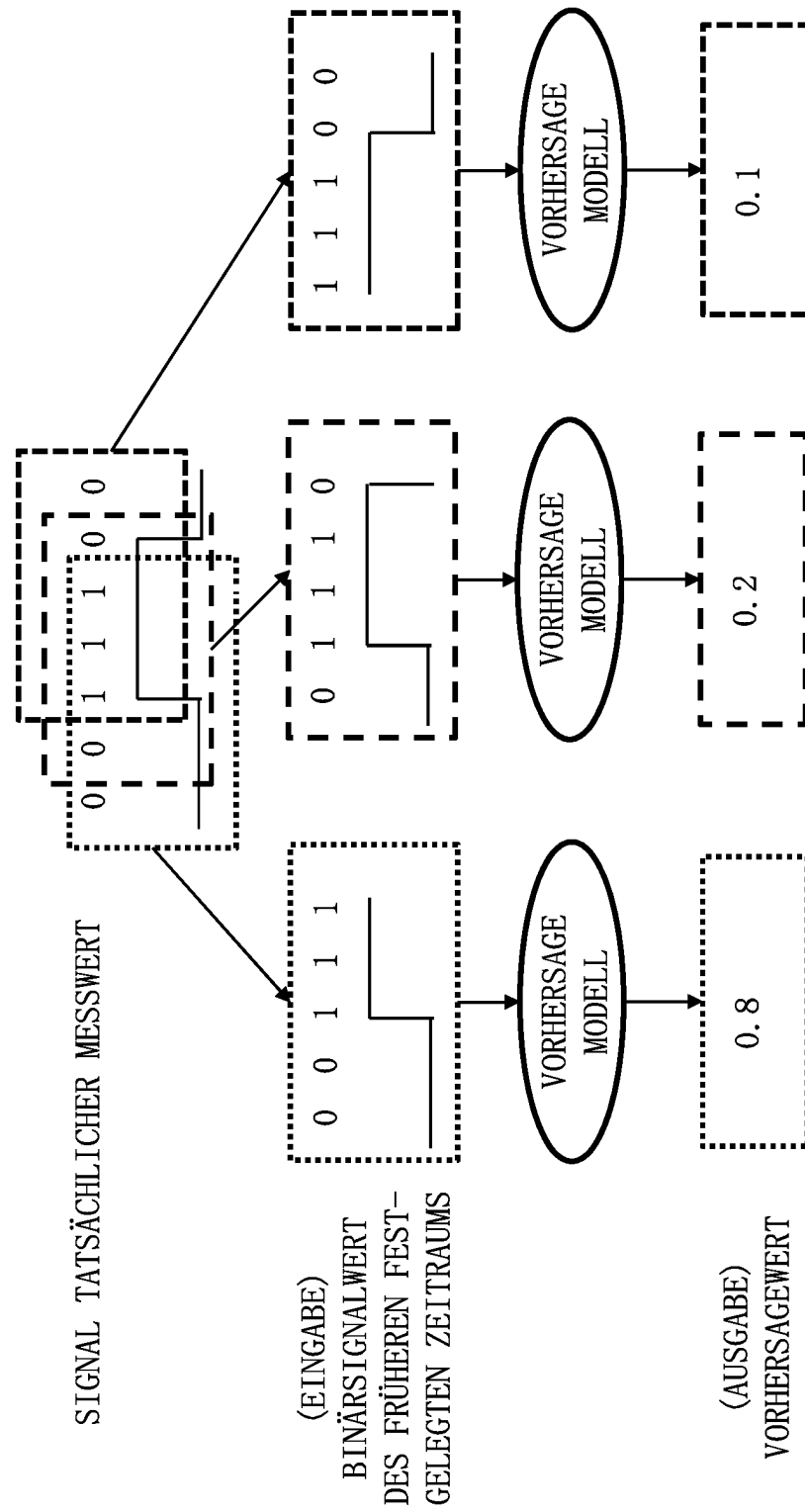


Fig. 9

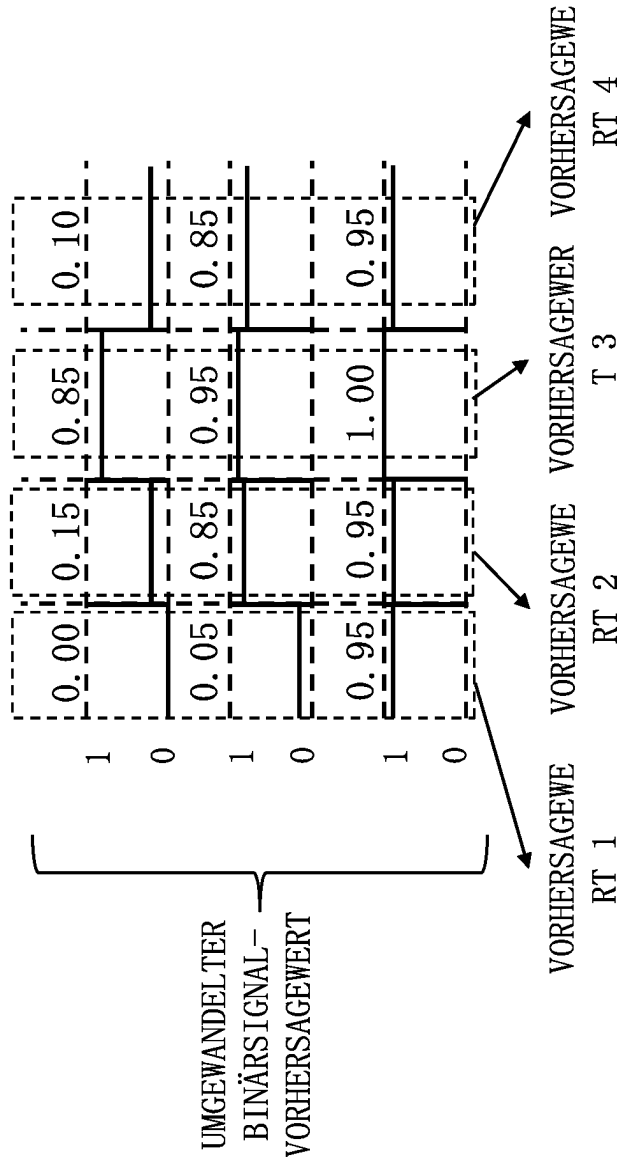


Fig. 10

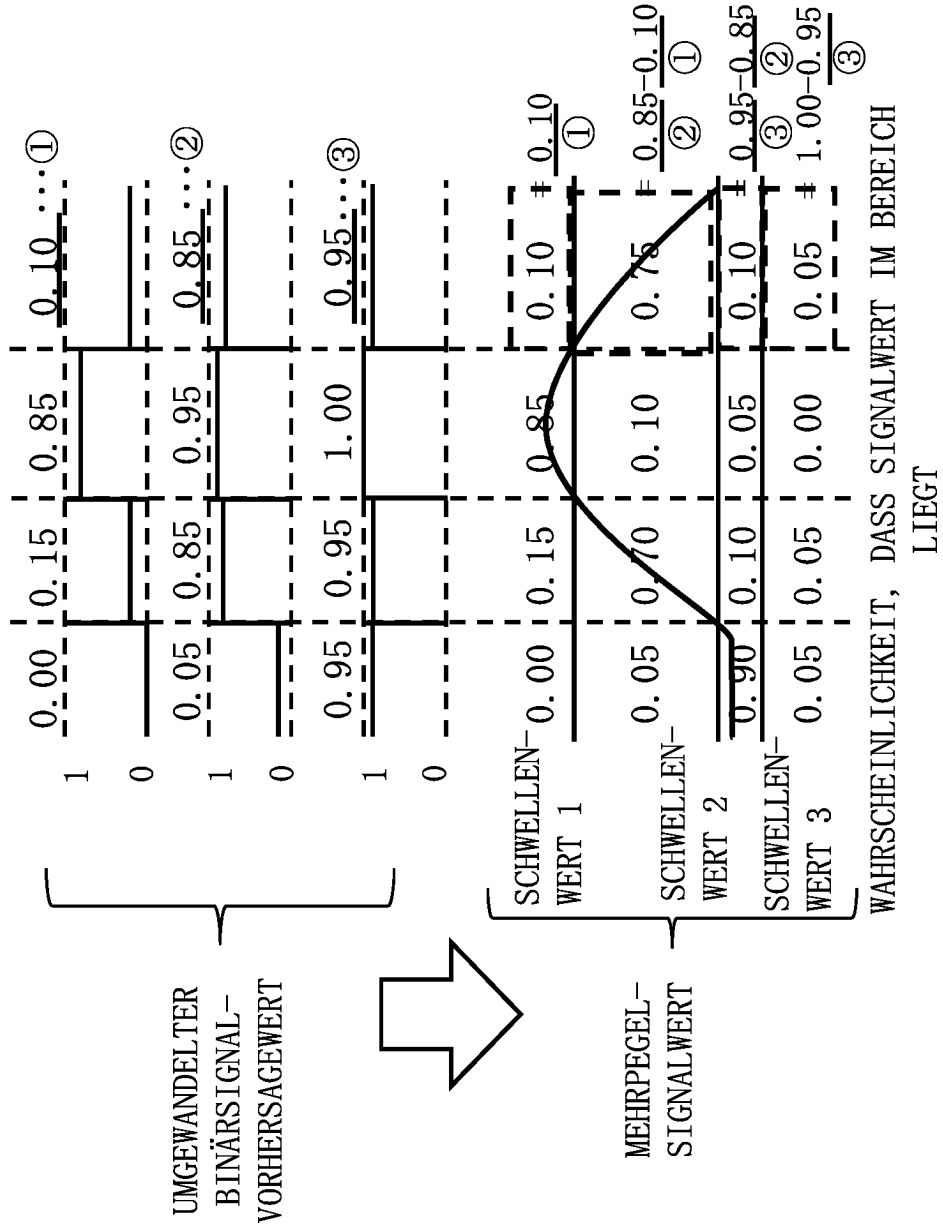


Fig. 11

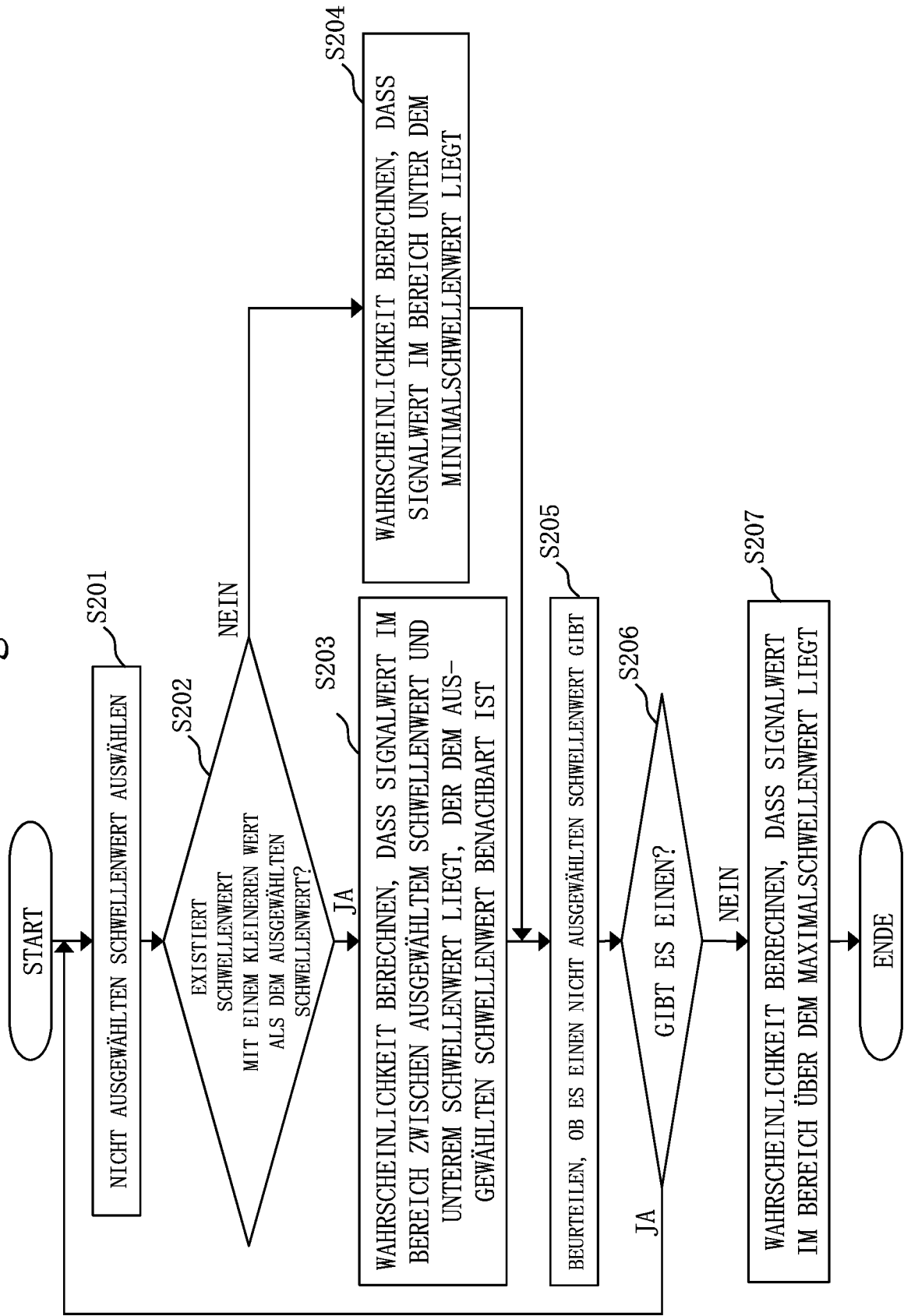


Fig.12

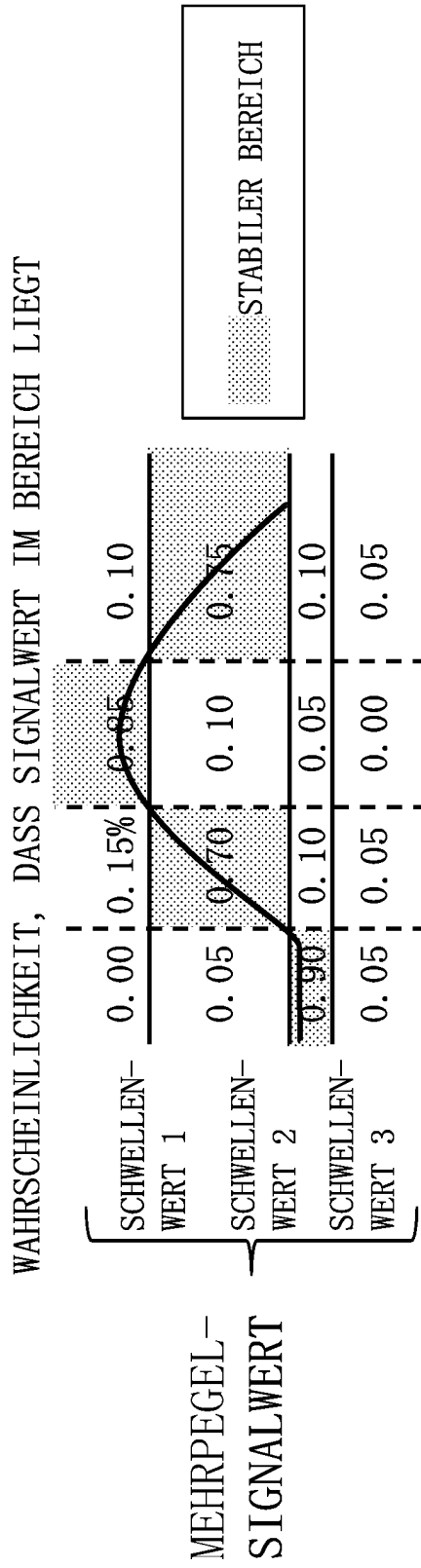


Fig. 13

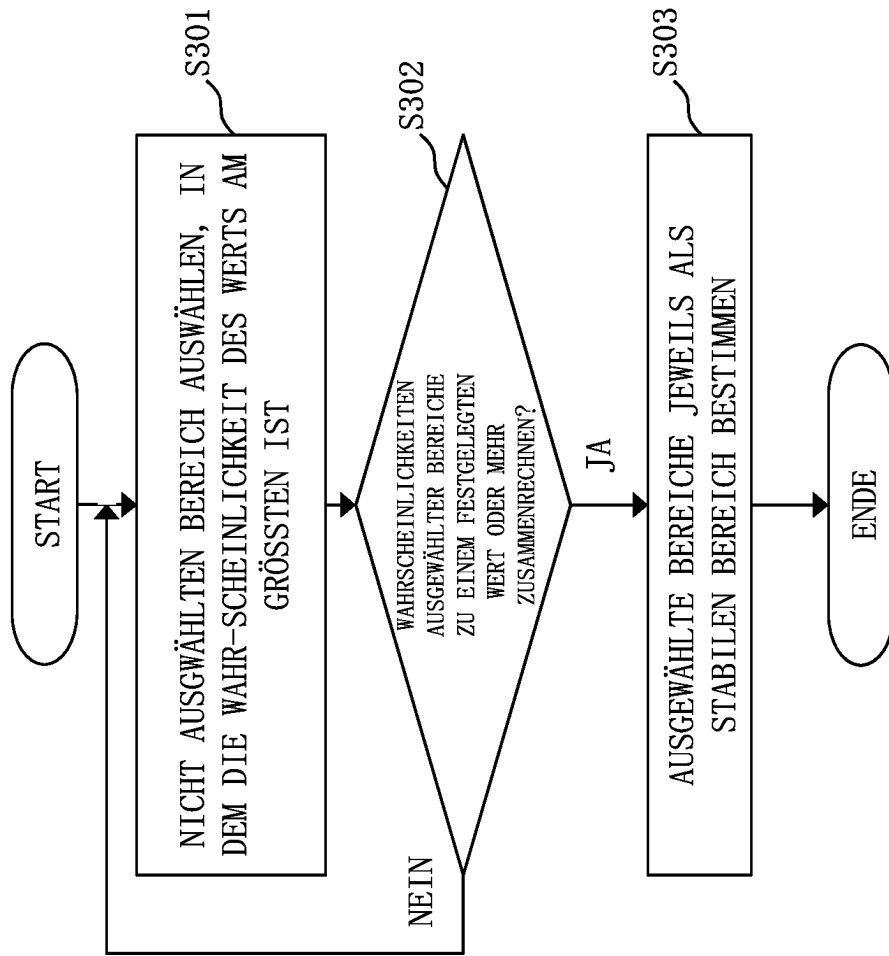


Fig. 14

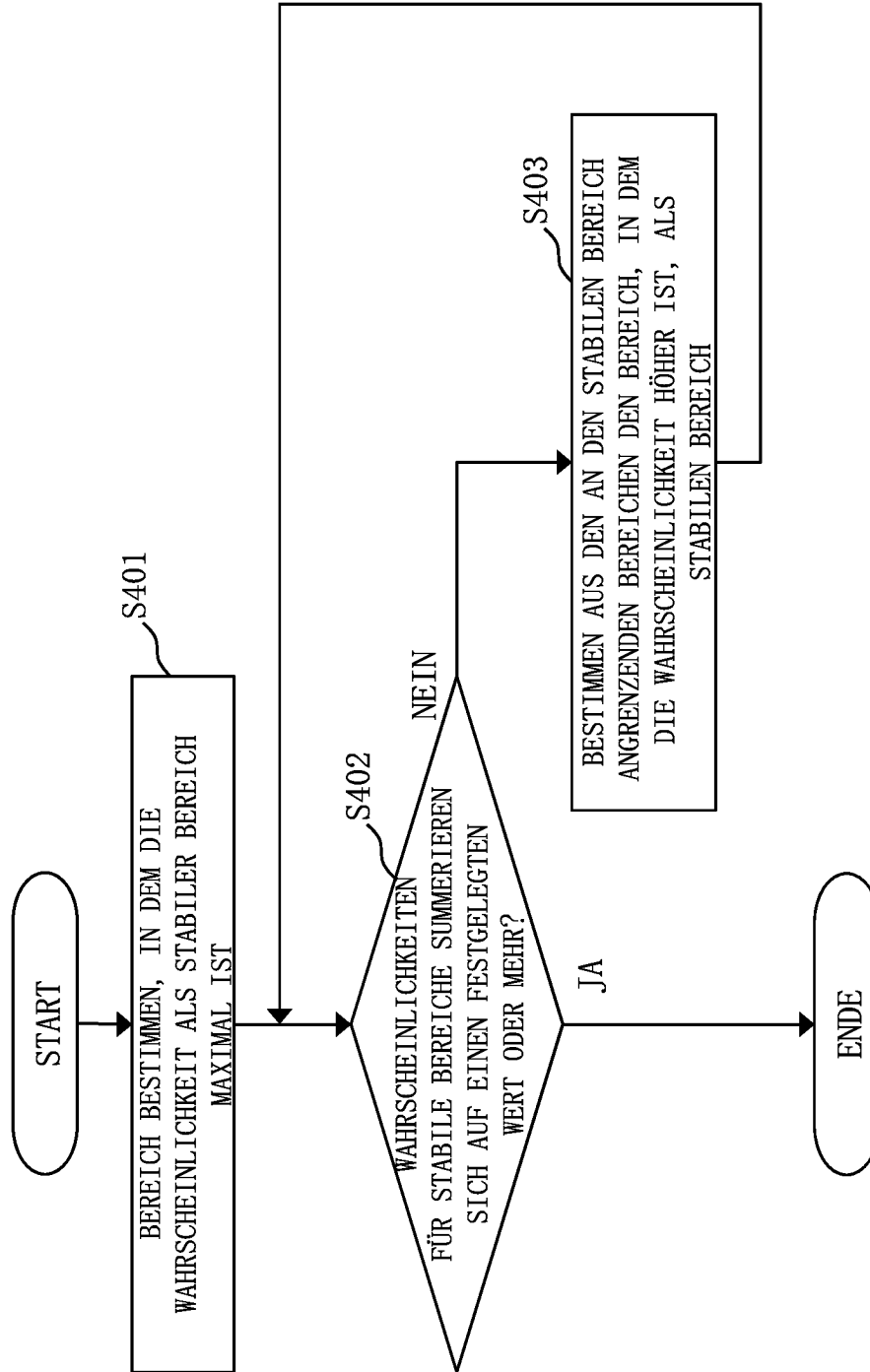


Fig. 15

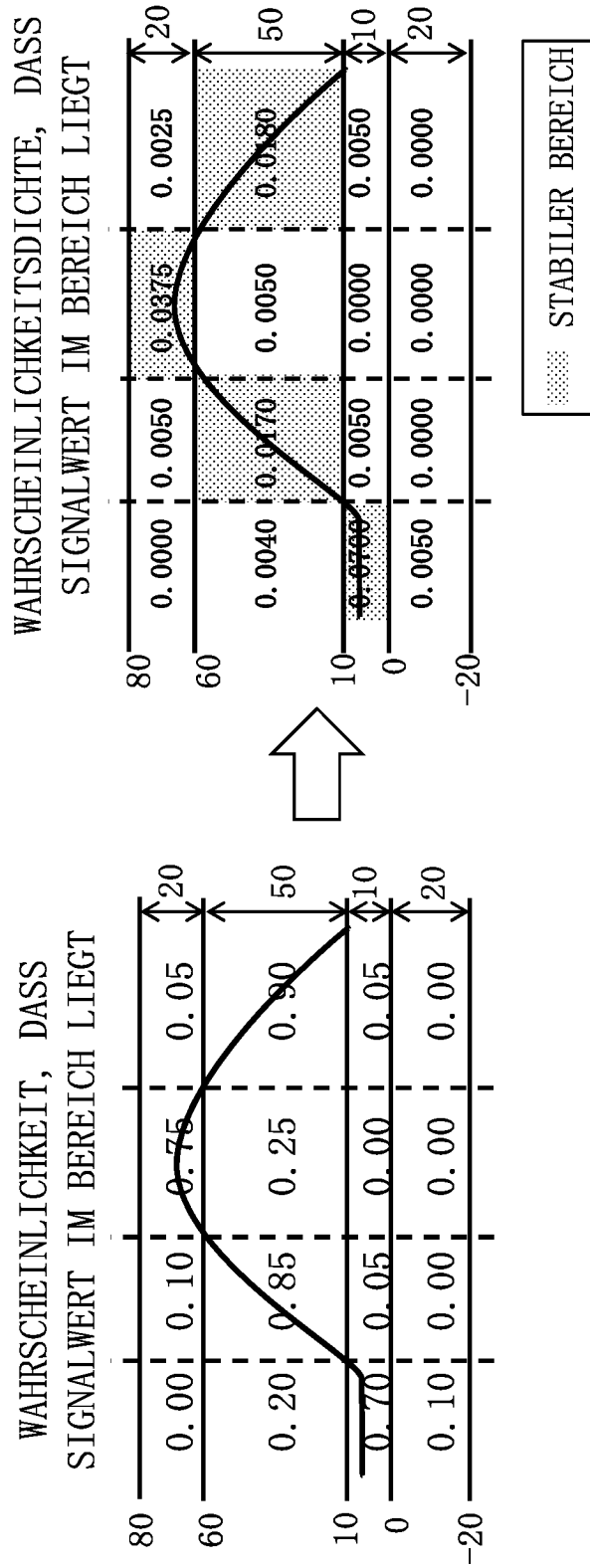


Fig. 16

WAHRSCHEINLICHKEIT, DASS SIGNALWERT IM BEREICH LIEGT

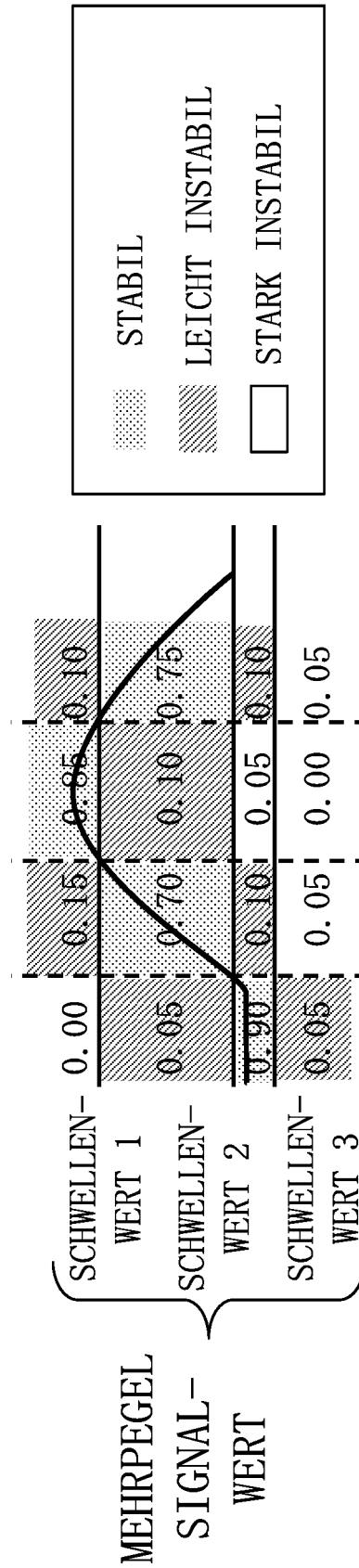


Fig. 17 100: VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG EINES STABILEN BEREICHS

