



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/251200**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 003 238.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/020739**
(86) PCT-Anmeldetag: **31.05.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **16.12.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.04.2023**

(51) Int Cl.: **G07C 3/00 (2006.01)**
G05B 23/02 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2020-102395 **12.06.2020** **JP**

(71) Anmelder:
mitsubishi heavy industries, ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,
Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**

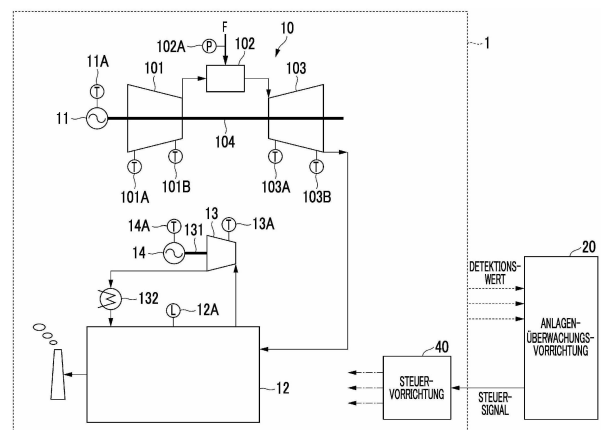
(72) Erfinder:
**Nagano, Ichiro, Yokohama-shi, Kanagawa, JP;
Saito, Mayumi, Tokyo, JP; Eguchi, Keiji, Tokyo,
JP; Aoyama, Kuniaki, Takasago, Hyogo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ANLAGENÜBERWACHUNGSVORRICHTUNG, ANLAGENÜBERWACHUNGSVERFAHREN UND PROGRAMM**

(57) Zusammenfassung: Eine Erfassungseinheit erfasst für jeden mehrerer Sensorwerte, die einer Anlage zugehörig sind, ein Bündel von Detektionswerten. Eine Distanzberechnungseinheit erhält die Mahalanobis-Distanz des Bündels von Detektionswerten, die von der Erfassungseinheit erfasst werden, unter Verwendung eines Einheitsraums als Referenz, der durch eine Sammlung von Bündeln von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte gebildet wird. Eine Bestimmungseinheit bestimmt, auf der Grundlage, ob die Mahalanobis-Distanz bei oder innerhalb einer vorgeschriebenen Schwelle liegt, ob der Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist. Eine Trendspezifizierungseinheit gibt einen Trend bezüglich mindestens eines Sensorwerts an. Eine Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit schätzt eine Abnormalitätsursache auf der Grundlage des Trends für jeden der mindestens einen Sensorwerte und eine Datenbank für Fehlerstellenschätzung zum Halten der Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen, die in der Anlage auftreten können, und mehrere Sensorwerte für jeden der Trends.



Beschreibung

Technisches Problem

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Anlagenüberwachungsvorrichtung, ein Anlagenüberwachungsverfahren und ein Programm, das einen Betriebszustand einer Anlage überwacht.

[0002] Es wird Priorität der am 12. Juni 2020 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2020-102395 beansprucht, deren Inhalt hier durch Verweis aufgenommen wird.

Stand der Technik

[0003] Bei verschiedenen Typen von Anlagen, wie beispielsweise einer Gasturbinen-Kraftwerksanlage, einer Kernkraftwerksanlage und einer Chemieanlage, wird überwacht, ob eine Anlage normal betrieben wird. Daher werden Zustandsgrößen jedes Sensors der Anlage, wie beispielsweise eine Temperatur und ein Druck, erfasst, und ein Betriebszustand der Anlage wird auf der Grundlage der Zustandsgrößen überwacht. In einem Fall, bei dem eine Abnormalität aufgetreten ist, ist jedoch eine Ursachenschätzfunktion erforderlich.

[0004] Zum Beispiel erfasst eine Überwachungsvorrichtung von PTL 1 unten eine Zustandsgröße jedes Sensors der Anlage online von einem Computer der Anlage und bestimmt, ob die Zustandsgröße abnormal ist oder nicht, unter Verwendung des Mahalanobis-Taguchi-Verfahrens (im Folgenden als MT-Verfahren bezeichnet). Wenn bestimmt wird, dass eine Abnormalität vorliegt, weist die Überwachungsvorrichtung eine Funktion zum Identifizieren einer Ursache der Abnormalität auf.

[0005] Bei dem MT-Verfahren wird im Voraus ein Einheitsraum vorbereitet, der durch Sammeln mehrerer Zustandsgrößen konfiguriert ist, die Sammlungen von Zustandsgrößen für jeden mehrerer Sensoren sind. Wenn ein Bündel von Zustandsgrößen von der Anlage erfasst wird, wird eine Mahalanobis-Distanz (nachstehend als eine MD-Distanz bezeichnet) des Bündels von Zustandsgrößen mit dem Einheitsraum als Referenz erfasst. Ob der Betriebszustand der Anlage normal ist oder nicht, wird danach bestimmt, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines im Voraus bestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht.

Zitatliste

Patentliteratur

[0006] [PTL 1] Japanische ungeprüfte Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 2017-215863 Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Bei dem MT-Verfahren kann ein Sensor, der eine erhöhte Mahalanobis-Distanz aufweist, durch Berechnen eines größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses für jeden Sensor auf der Grundlage der Mahalanobis-Distanz identifiziert werden. Beim Fokussieren auf einen Sensor in dem MT-Verfahren des Standes der Technik nimmt sowohl in einem Fall, bei dem der Sensor einen hohen Wert anzeigt, als auch in einem Fall, bei dem der Sensor einen niedrigen Wert anzeigt, die Mahalanobis-Distanz zu. Somit können Hochwert/Niedrigwert-Abnormalitäten nicht unterschieden werden.

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung ist es, ein Verfahren zum Erstellen einer zuverlässigen Datenbank für Fehlerteilschätzung und ein zuverlässiges Verfahren zur Abnormalitätsursachenschätzung bereitzustellen, bei dem Informationen über die Ursachen einer Abnormalität, die einen Hochwert/Niedrigwert aufweist und wahrscheinlich auftreten wird, und einer Abnormalität, die einen Hochwert/Niedrigwert aufweist und wahrscheinlich nicht auftreten wird, hinzugefügt werden.

Lösung für das Problem

[0009] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird eine Anlagenüberwachungsvorrichtung bereitgestellt, die eine Erfassungseinheit, die ein Bündel von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte bezüglich einer Anlage erfasst, eine Distanzrecheneinheit, die eine Mahalanobis-Distanz des Bündels von Detektionswerten erfasst, die durch die Erfassungseinheit mit einem Einheitsraum, der durch Sammeln des Bündels von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist, erfasst werden, eine Bestimmungseinheit, die bestimmt, ob ein Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht, und eine Bestimmungseinheit, die für jeden Sensorwert bestimmt, ob aufgrund eines Hochwerts oder eines Niedrigwerts ein größer-desto-besseres S/N-Verhältnis aufgetreten ist.

[0010] Gemäß einem Aspekt wird eine Datenbank für Fehlerteilschätzung realisiert, indem Informationen hinzugefügt werden, ob eine spezifische Abnormalitätsursache aufgrund einer Hochwert-Abnormalität eines Sensors wahrscheinlich auftritt oder aufgrund einer Niedrigwert-Abnormalität wahrscheinlich auftritt und ob eine Abnormalitätsursache aufgrund einer Hochwert-Abnormalität eines Sensorwerts weniger wahrscheinlich auftritt oder aufgrund einer Niedrigwert-Abnormalität weniger wahrscheinlich auftritt.

[0011] Gemäß einem Aspekt kann eine Abnormalitätsursache zuverlässiger geschätzt werden, indem die Unterscheidung zwischen Hochwert/Niedrigwert-Abnormalitäten eines größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses mit Informationen darüber kombiniert wird, ob eine spezifische Abnormalitätsursache, aufgrund einer Hochwert/Niedrigwert-Abnormalität eines Sensorwerts als die Datenbank für Fehlerteilschätzung der vorliegenden Erfindung, wahrscheinlich auftritt oder weniger wahrscheinlich auftritt.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0012] Gemäß mindestens einem der Aspekte kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung eine wahre Ursache eines Fehlers zuverlässiger schätzen, indem sie Informationen über ein Ereignis mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass eine Ursache aufgrund einer Abnormalität eines Sensors auftritt, auf einen negativen Wert setzt.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Diagramm zum Beschreiben eines Umrisses einer Anlagenüberwachungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine funktionale Konfiguration der Anlagenüberwachungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 ist eine Tabelle, die ein Beispiel einer Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 4 ist ein Konzeptdiagramm, das das Konzept einer Mahalanobis-Distanz zeigt.

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Aktualisieren der Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 6 ist ein Flussdiagramm, das eine Überwachungsverarbeitung einer Anlage gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 7 ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Konfiguration eines Computers gemäß mindestens einer Ausführungsform zeigt.

Beschreibung von Ausführungsformen

<Erste Ausführungsform>

[0013] **Fig. 1** ist ein Diagramm zum Beschreiben eines Umrisses einer Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

[0014] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Vorrichtung zum Überwachen eines Betriebszustands einer Anlage 1, die mehrere Beurteilungskriterien enthält. Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 erfasst von einem in jedem Teil der Anlage 1 vorgesehenen Detektor einen Detektionswert, der eine Zustandsgröße für jedes Beurteilungskriterium angibt. Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 bestimmt auf der Grundlage des erfassten Detektionswerts unter Verwendung des Mahalanobis-Taguchi-Verfahrens, ob der Betriebszustand der Anlage 1 normal oder abnormal ist.

<<Konfiguration von Anlage>>

[0015] Die Anlage 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Gasturbinen-Kombikraftwerksanlage und enthält eine Gasturbine 10, einen Gasturbinengenerator 11, einen Abhitzedampferzeuger 12, eine Dampfturbine 13, einen Dampfturbinengenerator 14 und eine Steuervorrichtung 40. Bei anderen Ausführungsformen kann die Anlage 1 eine Gasturbinen-Kraftwerksanlage, eine Kernkraftwerksanlage oder eine Chemieanlage sein.

[0016] Die Gasturbine 10 enthält einen Kompressor 101, eine Brennkammer 102 und eine Turbine 103.

[0017] Der Kompressor 101 komprimiert Luft, die von einem Sauganschluss angesaugt wird. Der Kompressor 101 ist mit Temperatursensoren 101A und 101B als Detektoren zum Detektieren einer Temperatur in einer Innenkammer des Kompressors 101 versehen, die eines der Beurteilungskriterien ist. Beispielsweise kann der Temperatursensor 101A die Temperatur eines Innenkammereinlasses des Kompressors 101 (Einlasslufttemperatur) detektieren, und der Temperatursensor 101B kann die Temperatur eines Innenkammerauslasses (Auslasslufttemperatur) detektieren.

[0018] Die Brennkammer 102 mischt einen Brennstoff F mit von dem Kompressor 101 eingeführter komprimierter Luft, um das Gemisch zu verbrennen, und erzeugt ein Verbrennungsgas. Die Brennkammer 102 ist mit einem Drucksensor 102A als einem Detektor zum Detektieren des Drucks des Brennstoffs F versehen, der eines der Beurteilungskriterien ist.

[0019] Die Turbine 103 wird durch das Verbrennungsgas drehend angetrieben, das von der Brennkammer 102 zugeführt wird. Die Turbine 103 ist mit Temperatursensoren 103A und 103B als Detektoren zum Detektieren einer Temperatur in der Innenkammer versehen, die eines der Beurteilungskriterien ist. Beispielsweise kann der Temperatursensor 103A die Temperatur eines Innenkammereinlasses der Turbine 103 (Einlass-Verbrennungsgastemperatur)

detektieren, und der Temperatursensor 103B kann die Temperatur eines Innenkammerauslasses (Auslass-Verbrennungsgastemperatur) detektieren.

[0020] Der Gasturbinengenerator 11 ist mit einem Rotor der Turbine 103 via den Kompressor 101 verbunden und erzeugt durch die Drehung des Rotors Strom. Der Gasturbinengenerator 11 ist mit einem Thermometer 11A als einem Detektor zum Detektieren der Temperatur eines Schmiermittels versehen, das eines der Beurteilungskriterien ist.

[0021] Der Abhitzedampferzeuger 12 erwärmt Wasser mit einem Verbrennungsgas (Abgas), das von der Turbine 103 abgegeben wird, und erzeugt Dampf. Der Abhitzedampferzeuger 12 ist mit einem Pegelmesser 12A als einem Detektor zum Detektieren eines Wasserstands einer Trommel versehen, der eines der Beurteilungskriterien ist.

[0022] Die Dampfturbine 13 wird durch den Dampf von dem Abhitzedampferzeuger 12 angetrieben. Die Dampfturbine 13 ist mit einem Temperatursensor 13A als einem Detektor zum Detektieren einer Temperatur in der Innenkammer versehen, die eines der Beurteilungskriterien ist. Darüber hinaus wird der von der Dampfturbine 13 abgegebene Dampf durch einen Kondensator 132 wieder in Wasser umgewandelt und via eine Wasserversorgungspumpe zu dem Abhitzedampferzeuger 12 geleitet.

[0023] Der Dampfturbinengenerator 14 ist mit einem Rotor 131 der Dampfturbine 13 verbunden und erzeugt durch die Drehung des Rotors 131 Strom. Der Dampfturbinengenerator 14 ist mit einem Thermometer 14A als ein Detektor zum Detektieren der Temperatur eines Schmiermittels versehen, das eines der Beurteilungskriterien ist.

[0024] Die oben beschriebenen Beurteilungskriterien sind Beispiele und sind nicht darauf beschränkt. Beispielsweise können eine Leistung des Gasturbinengenerators 11, ein Druck in der Innenkammer der Turbine 103 und die Drehzahl und Schwingung des Rotors der Turbine 103 oder der Dampfturbine 13 als andere Beurteilungskriterien der Anlage 1 eingestellt werden. In diesem Fall ist ein Detektor (nicht gezeigt), der jede der Zustandsgrößen der Beurteilungskriterien detektiert, bei jedem Teil der Anlage 1 vorgesehen.

[0025] Die Steuervorrichtung 40 ist eine Vorrichtung zum Steuern eines Betriebs der Anlage 1. Zusätzlich kann in einem Fall, bei dem die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 bestimmt, dass der Betriebszustand der Anlage 1 abnormal ist, die Steuervorrichtung 40 einen Betrieb jedes Teils der Anlage 1 gemäß einem Steuersignal von der Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 steuern.

<<Konfiguration>>

[0026] Fig. 2 ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine funktionale Konfiguration der Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

[0027] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 enthält eine Sensorwert-Erfassungseinheit 201, eine Einheitsraum-Speichereinheit 202, eine MD-Distanz-Berechnungseinheit 203, eine Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität, eine Berechnungseinheit 205 für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis, eine Abnormalitätssensor-Extraktionseinheit 206, eine Abnormalitäts-Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, eine Datenbank 208 für Fehlerteilschätzung, eine Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 und eine Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit 210.

[0028] Die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfasst einen Detektionswert von jedem mehrerer Detektoren, die in der Anlage 1 bereitgestellt sind. Jeder Detektor entspricht jedem der mehreren Beurteilungskriterien. Das heißt, die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfasst ein Bündel von Detektionswerten, das eine Sammlung von Detektionswerten für jedes der mehreren Beurteilungskriterien ist. Die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfasst ein Bündel von Detektionswerten in jedem vorbestimmten Erfassungszyklus (zum Beispiel eine Minute) und zeichnet das Bündel in der Einheitsraum-Speichereinheit auf.

[0029] Die Einheitsraum-Speichereinheit 202 speichert eine Kombination von Bündeln von Detektionswerten, die von einer normalen Anlage als ein Einheitsraum einer Mahalanobis-Distanz erfasst werden.

[0030] Die MD-Distanz-Berechnungseinheit 203 berechnet eine Mahalanobis-Distanz, die den Zustand der Anlage 1 angibt, auf der Grundlage des Einheitsraumes, der von der Einheitsraum-Speichereinheit 202 gespeichert ist, mit den von der Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfassten Bündeln von Detektionswerten als die Spezifikationen. Die Mahalanobis-Distanz ist ein Maß, das die Größe einer Differenz zwischen einer Referenzprobe, ausgedrückt als ein Einheitsraum, und einer neu erhaltenen Probe zeigt.

[0031] Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität bestimmt, ob eine Abnormalität in der Anlage 1 aufgetreten ist oder nicht, auf der Grundlage der Mahalanobis-Distanz, die von der MD-Distanz-Berechnungseinheit 203 berechnet wird. Insbesondere bestimmt in

einem Fall, bei dem der Mahalanobis-Distanz gleich oder größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist, die Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität, dass eine Abnormalität in der Anlage 1 aufgetreten ist. Der Schwellenwert wird normalerweise auf einen Wert von 3 oder größer eingestellt.

[0032] In einem Fall, bei dem die Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität bestimmt, dass eine Abnormalität in einer Gasturbine T aufgetreten ist, berechnet die Berechnungseinheit 205 für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis ein größer-desto-besseres Signal-Rausch-Verhältnis (S/N-Verhältnis) nach dem Taguchi-Verfahren auf der Grundlage des von dem Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfassten Bündel von Detektionswerten. Beispielsweise erfasst die Berechnungseinheit 205 für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis ein größer-desto-besseres S/N-Verhältnis mit oder ohne Elemente auf der Grundlage einer Analyse orthogonaler Felder. Es kann bestimmt werden, dass, wenn das größer-desto-besseres S/N-Verhältnis zunimmt, eine Wahrscheinlichkeit zunimmt, dass es eine Abnormalität in dem Beurteilungskriterium gibt, das sich auf den Detektionswert bezieht.

[0033] Die Abnormalitätssensor-Extraktionseinheit 206 extrahiert mindestens einen Abnormalitätssensor, der einen Sensorwert zeigt, der einen hohen Beitrag zu einer Zunahme der Mahalanobis-Distanz geleistet hat, auf der Grundlage des größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses, das durch die Berechnungseinheit 205 für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis berechnet wird. Die Abnormalitätssensor-Extraktionseinheit 206 kann beispielsweise eine vorbestimmte Anzahl an höheren Sensorwerten mit hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnissen, aus mehreren Sensorwerten als Abnormalitätssensoren extrahieren. Darüber hinaus kann die Abnormalitätssensor-Extraktionseinheit 206 beispielsweise einen Sensorwert mit einem größer-desto-besseren S/N-Verhältnis, das gleich oder größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist, unter mehreren Sensorwerten als einen Abnormalitätssensor extrahieren.

[0034] Die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, identifiziert, für jede mehrerer Sensorwerte, ob eine aufgetretene Abnormalität eine Hochwert-Abnormalität, die eine Abnormalität ist, die durch einen hohen Detektionswert verursacht wird, die ein Sensorwert ist, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen niedrigen Detektionswert verursacht wird. Das heißt, die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität identifiziert, ob eine Zunahme der Mahalanobis-Distanz durch eine Erhöhung des Detektionswerts ver-

ursacht wird oder durch eine Verringerung des Detektionswerts verursacht wird. Insbesondere berechnet die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität eine Mahalanobis-Distanz, wenn ein Wert eines Bündels von Detektionswerten, die durch die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 erfasst werden, für jeden Sensorwert erhöht oder verringert wird, und identifiziert, ob eine Abnormalität eine Hochwert-Abnormalität ist oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist basierend auf einer Zunahme oder einer Abnahme der Mahalanobis-Distanz, die durch eine Änderung des Werts verursacht wird. In einem Fall, bei dem eine Zunahme der Mahalanobis-Distanz aufgrund einer Erhöhung des Detektionswerts aufgetreten ist, versteht es sich, dass der Sensorwert eine Hochwert-Abnormalität aufweist. In einem Fall, bei dem eine Zunahme der Mahalanobis-Distanz aufgrund einer Verringerung des Detektionswerts aufgetreten ist, versteht es sich, dass der Sensorwert eine Niedrigwert-Abnormalität aufweist. (Japanische Patentanmeldung Nr. 2019-063575)

[0035] Die Datenbank 208 für Fehlerteilschätzung ist eine Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen einem Beurteilungskriterium, einer Abnormalitätsursache und einer Unterscheidung zwischen einer Hochwert-Abnormalität und einer Niedrigwert-Abnormalität zeigt. **Fig. 3** ist eine Tabelle, die ein Beispiel der Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform zeigt. Insbesondere enthält die Datenbank für Fehlerteilschätzung für jedes Beurteilungskriterium, das sich auf eine Hochwert-Abnormalität und eine Niedrigwert-Abnormalität bezieht (vertikale Spalte von **Fig. 3**) und für jede Abnormalitätsursache (horizontale Spalte von **Fig. 3**), wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist, einen Informationsbetrag über das Vorhandensein einer Abnormalität, die dem Beurteilungskriterium zugeordnet ist. Wenn die gleiche Abnormalität in dem zugeordneten Beurteilungskriterium gefunden wird, wenn der Wert des Informationsbetrags zunimmt, wird ein Informationsbetrag, die sich auf eine Hochwert-Abnormalität oder eine Niedrigwert-Abnormalität bezieht, die tatsächlich aufgetreten ist, unter den durch die Datenbank 208 für Fehlerteilschätzung gespeicherten Informationsbeträgen, beispielsweise durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt.

[Gleichung 1]

$$I = \log_2 \left[\sum (x * w) + 1 \right] / \log_2 (2) \quad (1)$$

[0036] Hier gibt I den Informationsbetrag an, x gibt die Anzahl an Ereignissen an, die aufgetreten sind, und w gibt einen Gewichtungskoeffizienten auf der Grundlage der Datenzuverlässigkeit an.

[0037] Zum Beispiel kann der Gewichtungskoeffizient w, wenn eine Abnormalitätsursache tatsächlich

auftritt und eine Abnormalitätsursache basierend auf einem Bericht davon identifiziert wird, höher sein als der Gewichtungskoeffizient w , wenn die Abnormalitätsursache basierend auf FTA-Daten (FT: Fehlerbaum) identifiziert wird, die durch Wartungspersonal erzeugt werden. Darüber hinaus kann der Gewichtungskoeffizient w , wenn eine Abnormalitätsursache basierend auf einem Verfahren mit höherer Genauigkeit als der Bericht identifiziert wird, wie beispielsweise Offline-Analyse und -Simulation, höher sein als der Gewichtungskoeffizient w , wenn eine Abnormalitätsursache tatsächlich auftritt und die Abnormalitätsursache anhand eines entsprechenden Berichts identifiziert wird.

[0038] Andererseits wird eine Ursache, die wahrscheinlich nicht auftritt, wenn eine Sensorabnormalität auftritt, beispielsweise durch die folgende Gleichung (2) ausgedrückt und ist ein negativer Wert. [Gleichung 2]

$$l = \log_2 \left[\frac{\sum (x * w)}{\{1 - \sum (x * w)\} + 1} \right] / \log_2 (2) \quad (2)$$

[0039] Das Gewicht w , das beim Berechnen eines Informationsbetrags in Bezug auf eine Hochwert-Abnormalität oder eine Niedrigwert-Abnormalität, die nicht tatsächlich aufgetreten ist, verwendet wird, kann größer sein als das Gewicht w , das zum Berechnen eines Informationsbetrags in Bezug auf eine tatsächlich eingetretene Hochwert-Abnormalität oder eine Niedrigwert-Abnormalität verwendet wird.

[0040] Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 erzeugt eine Matrix mit $M*2$ Zeilen und N Spalten aus der Datenbank für Fehlerteilschätzung. Die Datenbank für Fehlerteilschätzung (hier wird ein Abschnitt von $M*2$ verdoppelt, um zwischen Hochwert/Niedrigwert-Abnormalität zu unterscheiden) enthält Informationsbeträge in Verbindung mit M Beurteilungskriterien und einer Hochwert-Abnormalität und einer Niedrigwert-Abnormalität. Aus diesem Grund erzeugt die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 eine Matrix mit $M*2$ Zeilen und N Spalten durch Lesen eines Informationsbetrags, der der Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität für jedes der M Beurteilungskriterien zugeordnet ist. Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 erhält einen Vektor mit N Zeilen und 1 Spalte, von dem ein Element Gewissheit einer Abnormalitätsursache ist, durch Multiplizieren eines Vektors mit 1 Zeile und $M*2$ Zeilen, von denen ein Element ein größer-desto-besseres S/N-Verhältnis jedes Beurteilungskriteriums ist, mit der erzeugten Matrix mit $M*2$ Zeilen und N Spalten. Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 schätzt, dass eine Abnormalitätsursache, die sich auf eine Reihe mit einem großen Elementwert in dem erhaltenen Vektor mit N Reihen und 1 Spalte bezieht, eine Abnormalitätsursache ist, die in der

Anlage 1 erzeugt wird. Das heißt, die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 berechnet für jede Abnormalitätsursache eine gewichtete Summe eines größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses jedes Beurteilungskriteriums und einen Informationsbetrag bezüglich einer Abnormalität des Elements und schätzt eine Abnormalitätsursache auf der Grundlage der gewichteten Summe.

[0041] Die Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit 210 gibt die durch die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 geschätzte Abnormalitätsursache in der Reihenfolge von Gewissheit aus. Beispiele für das Ausgeben enthalten das Anzeigen auf einer Anzeige, das Übertragen von Daten nach außen, das Drucken auf einem Blatt und das Ausgeben von Audio.

«Über MT-Verfahren»

[0042] Fig. 4 ist ein Konzeptdiagramm, das das Konzept der Mahalanobis-Distanz zeigt.

[0043] Zunächst wird der Umriss eines Anlagenüberwachungsverfahrens unter Verwendung des MT-Verfahrens unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben.

[0044] Wie in Fig. 4 gezeigt, wird angenommen, dass die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 der Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 einen ersten Detektionswert und einen zweiten Detektionswert der Anlage 1 als ein Bündel B von Detektionswerten erfasst. Zum Beispiel ist der erste Detektionswert eine „Gasturbinenleistung“, und der zweite Detektionswert ist ein „Kesselwasserstand“. Bei dem MT-Verfahren wird eine Datengruppe, die ein Aggregat mehrerer Bündel B von Detektionswerten ist, als ein Einheitsraum S eingestellt, der eine Referenzdatengruppe ist, und eine Mahalanobis-Distanz D eines Bündels A von Detektionswerten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst werden, wird berechnet.

[0045] Die Mahalanobis-Distanz D ist eine Distanz, die gemäß einer Varianz und einer Korrelation von Detektionswerten für den Einheitsraum S gewichtet ist und einen größeren Wert aufweist, wenn die Ähnlichkeit mit der Datengruppe für den Einheitsraum S geringer wird. Hierbei ist der Mittelwert der Mahalanobis-Distanzen der Bündel B von Detektionswerten, die den Einheitsraum S konfigurieren, 1, und in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage 1 normal ist, ist die Mahalanobis-Distanz D des Bündels A von Detektionswerten im Allgemeinen 4 oder weniger. Wenn der Betriebszustand der Anlage 1 jedoch abnormal ist, nimmt der Wert der Mahalanobis-Distanz D gemäß dem Grad der Abnormalität zu.

[0046] Aus diesem Grund wird beim MT-Verfahren bestimmt, ob der Betriebszustand der Anlage 1 normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines im Voraus bestimmten Schwellenwerts D_c liegt oder nicht. Da beispielsweise eine Mahalanobis-Distanz D_1 eines Bündels A_1 von Detektionswerten gleich oder kleiner als der Schwellenwert D_c ist, wird bestimmt, dass der Betriebszustand der Anlage 1 zu einem Zeitpunkt normal ist, zu dem das Bündel A_1 von Detektionswerten erfasst wird. Da zusätzlich eine Mahalanobis-Distanz D_2 eines Bündels A_2 von Detektionswerten größer als der Schwellenwert D_c ist, wird bestimmt, dass der Betriebszustand der Anlage 1 zu einem Zeitpunkt abnormal ist, zu dem das Bündel A_2 von Detektionswerten erfasst wird.

[0047] Der Schwellenwert D_c wird bevorzugt auf einen Wert, der größer als die maximale Mahalanobis-Distanz ist, beispielsweise unter jeweiligen Mahalanobis-Distanzen der mehreren Bündel B von Detektionswerten eingestellt, die den Einheitsraum S konfigurieren. Darüber hinaus ist es bevorzugt, zu diesem Zeitpunkt den Schwellenwert D_c unter Berücksichtigung von Eigenschaften zu bestimmen, die einzigartig für die Anlage 1 sind. Der Schwellenwert D_c kann von einem Bediener via die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 geändert werden.

<<Betrieb von Anlagenüberwachungsvorrichtung 20>>

[0048] Nachstehend wird ein Betrieb der Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 beschrieben.

[0049] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 sammelt Bündel von Detektionswerten von der Anlage 1 und akkumuliert die Bündel von Detektionswerten in der Einheitsraum-Speichereinheit 202, während die Anlage 1 normal arbeitet, bevor die Überwachungsverarbeitung beginnt. Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 kann zu einer normalen Zeit Bündel von Detektionswerten einer anderen Anlage 1 erfassen, die dieselbe Konfiguration wie die Anlage 1 aufweist, die ein Überwachungsziel ist, und die Bündel in der Einheitsraum-Speichereinheit 202 aufzeichnen.

(Überwachungsverarbeitung von Anlage 1)

[0050] Wenn der Einheitsraum in der Einheitsraum-Speichereinheit 202 aufgezeichnet ist und eine Datenbank für Fehlerteilschätzung in der Datenbank 208 für Fehlerteilschätzung aufgezeichnet ist, führt die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 die unten beschriebene Überwachungsverarbeitung zu vorbestimmten Überwachungszeiten (zum Beispiel jede Stunde) aus.

[0051] Fig. 6 ist ein Flussdiagramm, das Überwachungsverarbeitung der Anlage 1 gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

[0052] Wenn die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 die Überwachungsverarbeitung startet, erfasst die Sensorwert-Erfassungseinheit 201 ein Bündel von Detektionswerten von der Anlage 1 (Schritt S31). Die MD-Distanz-Berechnungseinheit 203 berechnet eine Mahalanobis-Distanz auf der Grundlage des von der Einheitsraum-Speichereinheit 202 gespeicherten Einheitsraums mit dem in Schritt S31 erfassten Bündel von Detektionswerten als die Spezifikation (Schritt S32).

[0053] Als Nächstes bestimmt die Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität, ob eine Abnormalität bei der Anlage 1 aufgetreten ist oder nicht, auf der Grundlage der Mahalanobis-Distanz, die in Schritt S32 (Schritt S33) berechnet wird. In einem Fall, bei dem die Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität bestimmt, dass eine Abnormalität in der Anlage 1 nicht aufgetreten ist (Schritt S33: NEIN), beendet die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 die Überwachungsverarbeitung und steht für die nächste Überwachungszeit bereit.

[0054] Andererseits, in einem Fall, bei dem die Bestimmungseinheit 204 für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität bestimmt, dass eine Abnormalität in der Anlage 1 aufgetreten ist (Schritt S33: JA), berechnet die Berechnungseinheit 205 für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis ein größer-des-besseres S/N-Verhältnis für jedes Beurteilungskriterium durch das Taguchi-Verfahren basierend auf dem in Schritt S31 erfassten Bündel von Detektionswerten und auf der in Schritt berechneten Mahalanobis-Distanz S32 (Schritt S34).

[0055] Als Nächstes wählt die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 ein Beurteilungskriterium nach dem anderen aus und führt Verarbeitung der unten beschriebenen Schritte S36 bis S41 für jedes Beurteilungskriterium durch (Schritt S35).

[0056] Zuerst erhöht die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität einen in Schritt S35 ausgewählten Sensorwert um einen vorbestimmten Betrag aus dem Bündel von Detektionswerten, die in Schritt S31 erfasst wurden (Schritt S36). Als Nächstes berechnet die MD-Distanz-Berechnungseinheit 203 eine Mahalanobis-Distanz auf der Grundlage des von der Einheitsraum-Speichereinheit 202 gespeicherten Einheitsraums mit dem in Schritt S36 geänderten Bündel von Detektionswerten als die Spezifikation (Schritt S37).

[0057] Die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität bestimmt, ob die Mahalanobis-Distanz zugenommen hat, abgenommen hat oder sich nicht geändert hat, aufgrund einer Zunahme des Detektionswerts bezüglich des Abnormalitätssensors (Schritt S38). Beispielsweise kann die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität bestimmen, dass sich die Mahalanobis-Distanz nicht geändert hat, in einem Fall, bei dem eine Differenz in der Mahalanobis-Distanz gleich oder kleiner als ein vorbestimmter Schwellenwert ist.

[0058] In einem Fall, bei dem die Mahalanobis-Distanz zugenommen hat (Schritt S38: Zunahme), bestimmt die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, dass es eine Hochwert-Abnormalität in dem in Schritt S35 extrahierten Abnormalitätssensor gibt (Schritt S39). Andererseits, in einem Fall, bei dem die Mahalanobis-Distanz abgenommen hat (Schritt S38: Abnahme), bestimmt die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, dass es eine Niedrigwert-Abnormalität in dem in Schritt S35 extrahierten Abnormalitätssensor gibt (Schritt S40). In einem Fall, bei dem die Mahalanobis-Distanz sich nicht geändert hat (Schritt S38: Keine Änderung), bestimmt die Bestimmungseinheit 207 für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, dass eine Klassifizierung für den in Schritt S35 extrahierten Abnormalitätssensor nicht durchgeführt werden kann (Schritt S41).

[0059] Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 erzeugt eine Matrix mit $M \times 2$ Zeilen und N Spalten unter Verwendung der Datenbank 208 für Fehlerteilschätzung (Schritt S42). Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 erhält einen Vektor mit N Zeilen und 1 Spalte, von dem ein Element Gewissheit einer Abnormalitätsursache ist, durch Multiplizieren eines Vektors mit 1 Zeile und $M \times 2$ Spalten, in denen das größer-desto-besseres S/N-Verhältnis jedes in Schritt S34 berechneten Beurteilungskriteriums und Unterscheidung zwischen einer Hochwert-Abnormalität und einer Niedrigwert-Abnormalität hinzugefügt werden, mit der in Schritt S42 erzeugten Matrix mit $M \times 2$ Zeilen und N Spalten (Schritt S43). Das Element des größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses, das nicht klassifiziert werden kann, wird auf 0 gesetzt. Als Nächstes sortiert die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 jede Abnormalitätsursache in absteigender Reihenfolge von Gewissheit, die durch den erhaltenen Vektor ausgedrückt wird (Schritt S44). Zu diesem Zeitpunkt setzt die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit 209 die Abnormalitätsursache in einem Fall, bei dem das Auftreten einer Abnormalität weniger wahrscheinlich als gewöhnlich ist, auf eine negative Zahl. Dann gibt die Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit 210 die durch die Abnormalitätsursa-

chen-Schätzungseinheit 209 geschätzte Abnormalitätsursache in der sortierten Reihenfolge aus (Schritt S45). Beispielsweise zeigt die Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit 210 eine Abnormalitätsursache mit der höchsten Gewissheit auf der Anzeige an und zeigt eine Abnormalitätsursache mit der zweithöchsten Gewissheit auf der Anzeige in einem Fall an, bei dem ein Anzeigebefehl der nächsten Abnormalitätsursache als Antwort zu einer Betätigung durch einen Benutzer empfangen wird. Darüber hinaus druckt beispielsweise die Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit 210 eine Liste von Abnormalitätsursachen auf einem Blatt in absteigender Reihenfolge von Gewissheit.

(Wirkungen und Effekte)

[0060] Wie oben beschrieben, schätzt die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 in der ersten Ausführungsform in einem Fall, bei dem bestimmt wird, dass eine Abnormalität auf der Grundlage einer Mahalanobis-Distanz vorliegt, eine Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Abnormalität jedes Sensorwerts und der Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen, die in der Anlage 1 auftreten können, und den mehreren Sensorwerten für jede Abnormalität enthält.

[0061] Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 eine Abnormalitätsursache schätzen, indem sie unterscheidet, ob es eine Abnormalität auf einer Hochwertseite gibt oder ob es eine Abnormalität auf einer Niedrigwertseite von jedem Sensorwert gibt. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 ein Ereignis mit einer geringen Auftretenswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0062] Darüber hinaus enthält die Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform einen Informationsbetrag, die eine Zunahme oder eine Abnahme einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Abnormalitätsursache in Verbindung mit einer Ursache und einem Hochwert- / Niedrigwert-Abnormalitätssensor angibt. Dann erfasst die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 für jeden mehrerer Sensorwerte einen Wert, der durch Multiplizieren eines Informationsbetrags, der einer für den Sensorwert in der Datenbank für Fehlerteilschätzung identifizierten Abnormalität zugeordnet ist, mit einem größer-desto-besseres S/N-Verhältnis in Bezug auf den Sensorwert erhalten wird und schätzt die Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Gesamtheit von erfassten Werten. Dementsprechend ist die Gewissheit einer Abnormalitätsursache mit einem großen Informationsbetrag in Bezug auf einen Sensorwert mit einem hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnis hoch, und die Gewissheit einer Abnormalitätsursache mit einem kleinen Infor-

mationsbetrag in Bezug auf einen Sensorwert mit einem hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnis ist niedrig. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 ein Ereignis mit einer geringen Auftretswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0063] Andere Ausführungsformen sind nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß anderen Ausführungsformen einen Vektor mit N Reihen und 1 Spalte erhalten, von dem ein Element Gewissheit einer Abnormalitätsursache einer Abnormalität ist, indem Kosinusähnlichkeit zwischen einem Vektor mit 1 Zeile und M^2 Spalten, von denen ein Element ein größer-desto-besseres S/N-Verhältnis jedes Sensorwerts ist, und jeder Zeilenvektor einer Matrix mit M^2 Zeilen und N Spalten, von denen ein Element ein Wert der Datenbank für Fehlerteilschätzung ist, berechnet wird. Die Kosinusähnlichkeit ist ein Wert, der erhalten wird, indem das innere Produkt von Vektoren (eine gewichtete Summe jedes größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses und ein Informationsbetrag, der sich auf eine Abnormalitätsursache bezieht) durch das Produkt von Normen jeweiliger Vektoren dividiert wird. Beispielsweise kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß anderen Ausführungsformen für jede Abnormalitätsursache einer Abnormalität eine gewichtete Summe eines größer-desto-besseren S/N-Verhältnisses jedes Sensorwerts und einen Informationsbetrag einer Abnormalitätsursache unabhängig von Matrixberechnung erfassen.

[0064] Darüber hinaus enthält die Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform einen positiven Informationsbetrag in Verbindung mit einer Abnormalitätsursache und einer Abnormalität eines Sensorwerts mit einer hohen Auftretswahrscheinlichkeit, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist. Andererseits enthält die Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß der ersten Ausführungsform einen negativen Informationsbetrag in Verbindung mit einer Abnormalitätsursache und einer Abnormalität eines Sensorwerts mit einer hohen Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist. Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 aktiv die Gewissheit einer Abnormalitätsursache reduzieren, die eine hohe Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens hat. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 ein Ereignis mit einer geringen Auftretswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0065] Andere Ausführungsformen sind nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann die Datenbank für Fehlerteilschätzung gemäß anderen Ausführungsformen einen Null-Informationsbetrag in Verbindung

mit einer Abnormalitätsursache und einer Abnormalität eines Sensorwerts mit einer hohen Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens enthalten, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist. Auch in diesem Fall wird die Gewissheit einer Abnormalitätsursache im Vergleich zu einem Fall mit einem negativen Informationsbetrag nicht wesentlich reduziert, aber ein Ereignis mit einer geringen Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Abnormalitätsursache in einem Schätzungsergebnis kann durch Unterscheiden von Abnormalitäten jeweiliger Sensorwerte und Schätzen einer Abnormalitätsursache eliminiert werden.

[0066] Darüber hinaus aktualisiert die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß der ersten Ausführungsform die Datenbank für Fehlerteilschätzung derart, dass basierend auf einem Bündel von Detektionswerten, wenn eine Abnormalitätsursache aufgetreten ist, ein Informationsbetrag, der einer identifizierten Abnormalität zugeordnet ist, erhöht wird, und ein Informationsbetrag, der einer nicht identifizierten Abnormalität zugeordnet ist, für jeden Sensorwert verringert wird. Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 automatisch die Datenbank für Fehlerteilschätzung erzeugen, der einen Informationsbetrag aufweist, die sich auf eine entgegengesetzte Richtung bezieht. Andere Ausführungsformen sind nicht darauf beschränkt, und ein negativer Informationsbetrag kann von einem Bediener manuell eingegeben werden.

[0067] Darüber hinaus aktualisiert die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß der ersten Ausführungsform einen Informationsbetrag für mindestens einen Abnormalitätssensor mit einem hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnis unter mehreren Sensorwerten. Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 einen Informationsbetrag jedes Sensorwerts in der Datenbank für Fehlerteilschätzung präzisieren.

[0068] Obwohl ein Ausführungsbeispiel hier zuvor im Detail unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben wurde, ist eine spezifische Konfiguration nicht auf die obige Beschreibung beschränkt und kann Gegenstand verschiedener Konstruktionsänderungen sein. Das heißt, in anderen Ausführungsformen können die oben beschriebenen Verarbeitungsprozeduren nach Bedarf geändert werden. Einige Verarbeitungen können darüber hinaus parallel ausgeführt werden.

<Computerkonfiguration>

[0069] Fig. 7 ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Konfiguration eines Computers gemäß mindestens einer Ausführungsform zeigt.

[0070] Ein Computer 90 enthält einen Prozessor 91, einen Hauptspeicher 92, einen Speicher 93 und eine Schnittstelle 94.

[0071] Die oben beschriebene Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 ist an dem Computer 90 montiert. Ein Vorgang jeder oben beschriebenen Verarbeitungseinheit wird in einer Form eines Programms in dem Datenspeicher 93 gespeichert. Der Prozessor 91 liest das Programm aus dem Datenspeicher 93, setzt das Programm in dem Hauptspeicher 92 ein und führt die Verarbeitung gemäß dem Programm aus. Darüber hinaus sichert der Prozessor 91 einen Speicherbereich, der jeder oben beschriebenen Speichereinheit entspricht, in der Hauptspeicher 92 gemäß dem Programm. Beispiele des Prozessors 91 enthalten eine Zentraleinheit (Central Processing Unit, CPU), eine Grafikenverarbeitungseinheit (Graphics Processing Unit, GPU) und einen Mikroprozessor.

[0072] Das Programm kann ein Programm zum Realisieren einiger der von dem Computer 90 durchgeführten Funktionen sein. Beispielsweise kann das Programm ein Programm sein, das die Funktionen in Kombination mit anderen Programmen durchführt, die bereits in dem Datenspeicher gespeichert sind, oder in Kombination mit anderen Programmen, die in anderen Vorrichtungen installiert sind. Bei anderen Ausführungsformen kann der Computer 90 zusätzlich zu der Konfiguration oder anstelle der Konfiguration eine kundenspezifische, großintegrierte Schaltung (Large Scale Integrated circuit, LSI), wie beispielsweise eine programmierbare Logikvorrichtung (Programmable Logic Device, PLD), enthalten. Beispiele für den PLD enthalten eine Programmable Array Logic (PAL), eine Generic Array Logic (GAL), ein Complex Programmable Logic Device (CPLD) und ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA). In diesem Fall können einige oder alle der durch den Prozessor 91 realisierten Funktionen durch die integrierte Schaltung realisiert werden. Eine solche integrierte Schaltung ist auch in einem Beispiel des Prozessors enthalten.

[0073] Beispiele für den Speicher 93 enthalten ein Festplattenlaufwerk (hard disk drive, HDD), ein Solid-State-Laufwerk (solid state drive, SSD), eine Magnetplatte, eine Magneto-Optical Disk, eine Compact Disc Read-Only Memory (CD-ROM), eine Digital Versatile Disc Read-Only Memory (DVD-ROM) und einen Halbleiterspeicher. Der Speicher 93 kann ein internes Medium, das direkt mit einem Bus des Computers 90 verbunden ist, sein oder kann ein externes Medium, das via die Schnittstelle 94 oder eine Kommunikationsleitung mit dem Computer 90 verbunden ist, sein. Darüber hinaus kann in einem Fall, bei dem das Programm via eine Kommunikationsleitung an den Computer 90 verteilt wird, der Computer 90, der die Lieferung empfangen hat, das

Programm in der Hauptspeicher 92 bereitstellen und die Verarbeitung ausführen. Bei mindestens einer Ausführungsform ist der Speicher 93 ein nicht-flüchtiges greifbares Speichermedium.

[0074] Darüber hinaus kann das Programm ein Programm zum Realisieren einiger der oben beschriebenen Funktionen sein. Ferner kann das Programm ein Programm sein, das die oben beschriebenen Funktionen in Kombination mit anderen Programmen realisiert, die bereits in dem Datenspeicher 93 gespeichert sind, das heißt, eine sogenannte Differenzdatei (Differenzprogramm) .

[0075] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform kann durch einen einzelnen Computer 90 konfiguriert werden, und die Konfiguration der Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 kann eine Konfiguration sein, bei der mehrere Computer 90 aufgeteilt und angeordnet sind und als die Anlagenüberwachungsvorrichtung 20 fungieren, da die mehreren Computer 90 miteinander kooperieren.

<Anhang>

[0076] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung, das Anlagenüberwachungsverfahren und das Programm, die in jeder Ausführungsform beschrieben sind, können beispielsweise wie folgt verstanden werden.

[0077] (1) Gemäß einem ersten Aspekt weist eine Anlagenüberwachungsvorrichtung (20) eine Sensorwert-Erfassungseinheit (201), die ein Bündel von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte in Bezug auf eine Anlage (1) erfasst, eine Distanzberechnungseinheit (203), die eine Mahalanobis-Distanz des von der Sensorwert-Erfassungseinheit (201) erfassten Bündels von Detektionswerten mit einem Einheitsraum erfasst, der durch Sammeln eines Bündels von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist, eine Bestimmungseinheit (204) für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität, die bestimmt, ob ein Betriebszustand der Anlage (1) normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt, eine Bestimmungseinheit (207) für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, die in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage als abnormal bestimmt wird, identifiziert, ob mindestens ein als Ursache geschätzter Sensorwert aus dem Bündel von Detektionswerten eine Hochwert-Abnormalität ist, die eine durch einen hohen Detektionswert verursachte Abnormalität ist, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine durch einen niedrigen Detektionswert verursachte Abnormalität ist, eine Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit (209), die mindesten einen Sensorwert, eine Abnor-

malitätsursache basierend auf der Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität und auf einer Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen enthält, die in der Anlage und den mehreren Sensorwerten für jeden Tendenz auftreten können, schätzt, und eine Ausgabebereinheit (210), die die geschätzte Abnormalitätsursache ausgibt, auf.

[0078] Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung eine Abnormalitätsursache schätzen, indem sie unterscheidet, ob es eine Abnormalität auf der Hochwertseite gibt oder ob es eine Abnormalität auf der Niedrigwertseite von jedem Sensorwert gibt. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung ein Ereignis mit einer geringen Auftrittswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0079] „Erfassen“ bedeutet, einen Wert neu zu erhalten. „Erfassen“ beinhaltet beispielsweise das Empfangen eines Werts, das Empfangen einer Eingabe eines Werts, das Lesen eines Werts aus dem Speichermedium und das Berechnen eines anderen Werts aus einem Wert.

[0080] „Identifizieren“ bedeutet, anhand eines ersten Werts einen zweiten Wert zu bestimmen, der mehrere Werte annehmen kann. „Identifizieren“ beinhaltet beispielsweise Berechnen des zweiten Werts aus dem ersten Wert, Lesen des zweiten Werts, der dem ersten Wert entspricht, unter Bezugnahme auf die Datenbank für Fehlerteilschätzung, Suchen nach dem zweiten Wert mit dem ersten Wert als Abfrage und Auswählen des zweiten Werts aus mehreren Kandidaten auf der Grundlage des ersten Werts.

[0081] (2) Gemäß einem zweiten Aspekt kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung (20) gemäß dem ersten Aspekt eine Berechnungseinheit (205) für größer-desto-besseres S/N-Verhältnis enthalten, die größer-desto-bessere S/N-Verhältnisse der mehreren Sensorwerte auf der Grundlage des Bündels von Detektionswerten berechnet. Die Datenbank für Fehlerteilschätzung enthält einen Informationsbetrag, der eine Zunahme oder eine Abnahme einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Abnormalitätsursache in Verbindung mit einer Abnormalitätsursache und einem Sensorwert angibt. Die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit (209) kann für jeden der mehreren Sensorwerte einen Wert erfassen, der durch Multiplizieren eines Informationsbetrags erhalten wird, der einer Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität zugeordnet ist, die für den Sensorwert in der Datenbank für Fehlerteilschätzung durch das größer-desto-bessere S/N-Verhältnis in Bezug auf den Sensorwert gemacht wird, und kann

die Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Gesamtheit der erfassten Werte schätzen.

[0082] Dementsprechend ist die Gewissheit einer Abnormalitätsursache mit einem großen Informationsbetrag in Bezug auf einen Sensorwert mit einem hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnis hoch, und die Gewissheit einer Abnormalitätsursache mit einem kleinen Informationsbetrag in Bezug auf einen Sensorwert mit einem hohen größer-desto-besseren S/N-Verhältnis ist niedrig. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung ein Ereignis mit einer geringen Auftrittswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0083] (3) Gemäß einem dritten Aspekt, in der Anlagenüberwachungsvorrichtung (20) gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt, in der Datenbank für Fehlerteilschätzung, kann ein positiver Informationsbetrag einer Abnormalitätsursache und einer Abnormalität zugeordnet sein, die eine hohe Auftrittswahrscheinlichkeit aufweist, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist, unter einer Niedrigwert-Abnormalität und einer Hochwert-Abnormalität, und ein negativer Informationsbetrag kann einer Abnormalitätsursache und einer Abnormalität zugeordnet sein, die eine hohe Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens aufweist, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist, unter der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität.

[0084] Dementsprechend kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung aktiv die Gewissheit der Abnormalitätsursache reduzieren, die eine hohe Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens hat. Daher kann die Anlagenüberwachungsvorrichtung ein Ereignis mit einer geringen Auftrittswahrscheinlichkeit in einem Schätzungsergebnis einer Abnormalitätsursache eliminieren.

[0085] (4) Gemäß einem vierten Aspekt, in der Anlagenüberwachungsvorrichtung gemäß dem dritten Aspekt, in der Datenbank für Fehlerteilschätzung, kann ein Absolutwert des Informationsbetrags, der der Abnormalität zugeordnet ist, die die hohe Wahrscheinlichkeit des Nichtauftretens aufweist, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist, unter der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität, größer sein als ein Absolutwert des Informationsbetrags, der der Abnormalität zugeordnet ist, die die hohe Auftrittswahrscheinlichkeit aufweist, wenn die Abnormalitätsursache aufgetreten ist.

[0086] (5) Gemäß einem fünften Aspekt wird ein Programm bereitgestellt, das einen Computer veranlasst einen Schritt zum Erfassen eines Bündels von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte bezüglich einer Anlage, einen Schritt zum Erfassen einer Mahalanobis-Distanz des Bündels von Detek-

<p>tionswerten, die von der Erfassungseinheit mit einem Einheitsraum erfasst wurden, der durch das Sammeln eines Bündels von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist, einen Schritt zum Bestimmen, ob ein Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht, einen Schritt des Identifizierens, in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage als abnormal bestimmt wird, ob mindestens ein als Ursache geschätzter Sensorwert aus dem Bündel von Detektionswerten eine Hochwert-Abnormalität ist, die eine durch einen hohen Detektionswert verursachte Abnormalität ist, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine durch einen niedrigen Detektionswert verursachte Abnormalität ist, einen Schritt des Schätzens einer Abnormalitätsursache für den mindestens einen Sensorwert basierend auf einer Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität und auf einer Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen enthält, die in der Anlage und den mehreren Sensorwerten auftreten können, und einen Schritt zum Ausgeben der geschätzten Abnormalitätsursache, auszuführen.</p>	209	Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit
	210	Abnormalitätsursachen-Ausgabeanzeigeeinheit

Industrielle Anwendbarkeit

[0087] Die Anlagenüberwachungsvorrichtung kann eine wahre Ursache eines Fehlers zuverlässiger schätzen, indem sie Informationen über ein Ereignis mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass eine Ursache aufgrund einer Abnormalität eines Sensors auftritt, auf einen negativen Wert setzt.

Bezugszeichenliste

1	Anlage
20	Anlagenüberwachungsvorrichtung
201	Sensorwert-Erfassungseinheit
202	Einheitsraum-Speichereinheit
203	MD-Distanz-Berechnungseinheit
204	Bestimmungseinheit für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität
205	Berechnungseinheit für größeres-desto-besseres S/N-Verhältnis
206	Abnormalitätssensor-Extraktionseinheit
207	Bestimmungseinheit für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität
208	Datenbank für Fehlerteilschätzung

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 2020102395 [0002]
- JP 2019063575 [0034]

Patentansprüche

1. Anlagenüberwachungsvorrichtung, umfassend:

eine Sensorwert-Erfassungseinheit, die ein Bündel von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte bezüglich einer Anlage erfasst;

eine Distanzrecheneinheit, die eine Mahalanobis-Distanz des erfassten Bündels von Detektionswerten mit einem Einheitsraum erfasst, der durch Sammeln des Bündels von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist;

eine Bestimmungseinheit für Vorhandensein oder Fehlen einer Anlagenabnormalität, die bestimmt, ob der Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist, danach ob die erste Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht;

eine Bestimmungseinheit für Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität, die in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage als abnormal bestimmt wird, identifiziert, ob mindestens ein als eine Ursache geschätzter Sensorwert unter dem Bündel von Detektionswerten eine Hochwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen hohen Detektionswert verursacht wird, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen niedrigen Detektionswert verursacht wird;

eine Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit, die für den mindestens einen Sensorwert eine Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität und auf einer Datenbank für Fehlerteilschätzung schätzt, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen, die in der Anlage auftritt, und die mehreren Sensorwerte enthält; und

eine Ausgabereinheit, die die geschätzte Abnormalitätsursache ausgibt.

2. Anlagenüberwachungsvorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend:

eine S/N-Verhältnis-Berechnungseinheit, die S/N-Verhältnisse der mehreren Sensorwerte auf der Grundlage des Bündels von Detektionswerten berechnet,

wobei die Datenbank für Fehlerteilschätzung einen Informationsbetrag enthält, der eine Zunahme oder eine Abnahme einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Abnormalitätsursache in Verbindung mit einer Abnormalitätsursache und einem Sensorwert angibt, und

die Abnormalitätsursachen-Schätzungseinheit erfasst für jeden der mehreren Sensorwerte einen Wert, der durch Multiplizieren des Informationsbetrags erhalten wird, der der Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität zugeordnet ist, die für den

Sensorwert in der Datenbank für Fehlerteilschätzung durch ein größer-desto-besseres S/N-Verhältnis in Bezug auf den Sensorwert gemacht wird, und schätzt die Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Gesamtheit der erfassten Werte.

3. Anlagenüberwachungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei in der Datenbank für Fehlerteilschätzung, wenn eine Hochwert-Abnormalität/Niedrigwert-Abnormalität auftritt, ein positiver Informationsbetrag einer Abnormalität zugeordnet ist, bei der eine Abnormalitätsursache wahrscheinlicher als gewöhnlich auftritt, und ein negativer Informationsbetrag einer Abnormalität zugeordnet ist, bei der eine Abnormalitätsursache weniger wahrscheinlich als gewöhnlich auftritt.

4. Anlagenüberwachungsverfahren, umfassend: einen Schritt zum Erfassen eines Bündels von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte bezüglich einer Anlage;

einen Schritt zum Erfassen einer Mahalanobis-Distanz des erfassten Bündels von Detektionswerten mit einem Einheitsraum, der durch Sammeln des Bündels von Detektionswerten für jeden der mehreren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist;

einen Schritt zum Bestimmen, ob ein Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht;

einen Schritt zum Identifizieren, in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage als abnormal bestimmt wird, ob mindestens ein als eine Ursache geschätzter Sensorwert unter dem Bündel von Detektionswerten eine Hochwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen hohen Detektionswert verursacht wird, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen niedrigen Detektionswert verursacht wird;

einen Schritt zum Schätzen, für den mindestens einen Sensorwert, einer Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität und auf einer Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen, die in der Anlage auftritt, und die mehreren Sensorwerte enthält; und einen Schritt zum Ausgeben der geschätzten Abnormalitätsursache.

5. Programm zum Veranlassen, dass ein Computer ausführt:

einen Schritt zum Erfassen eines Bündels von Detektionswerten für jeden mehrerer Sensorwerte bezüglich einer Anlage;

einen Schritt zum Erfassen einer Mahalanobis-Distanz des erfassten Bündels von Detektionswerten mit einem Einheitsraum, der durch Sammeln des Bündels von Detektionswerten für jeden der mehre-

ren Sensorwerte als Referenz konfiguriert ist;
einen Schritt zum Bestimmen, ob ein Betriebszustand der Anlage normal oder abnormal ist, danach, ob die Mahalanobis-Distanz innerhalb eines vorbestimmten Schwellenwerts liegt oder nicht;
einen Schritt zum Identifizieren, in einem Fall, bei dem der Betriebszustand der Anlage als abnormal bestimmt wird, ob mindestens ein als eine Ursache geschätzter Sensorwert unter dem Bündel von Detektionswerten eine Hochwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen hohen Detektionswert verursacht wird, oder eine Niedrigwert-Abnormalität ist, die eine Abnormalität ist, die durch einen niedrigen Detektionswert verursacht wird;
einen Schritt zum Schätzen, für den mindestens einen Sensorwert, einer Abnormalitätsursache auf der Grundlage einer Unterscheidung zwischen der Niedrigwert-Abnormalität und der Hochwert-Abnormalität und auf einer Datenbank für Fehlerteilschätzung, die eine Beziehung zwischen mehreren Abnormalitätsursachen, die in der Anlage auftritt, und die mehreren Sensorwerte enthält; und
einen Schritt zum Ausgeben der geschätzten Abnormalitätsursache.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

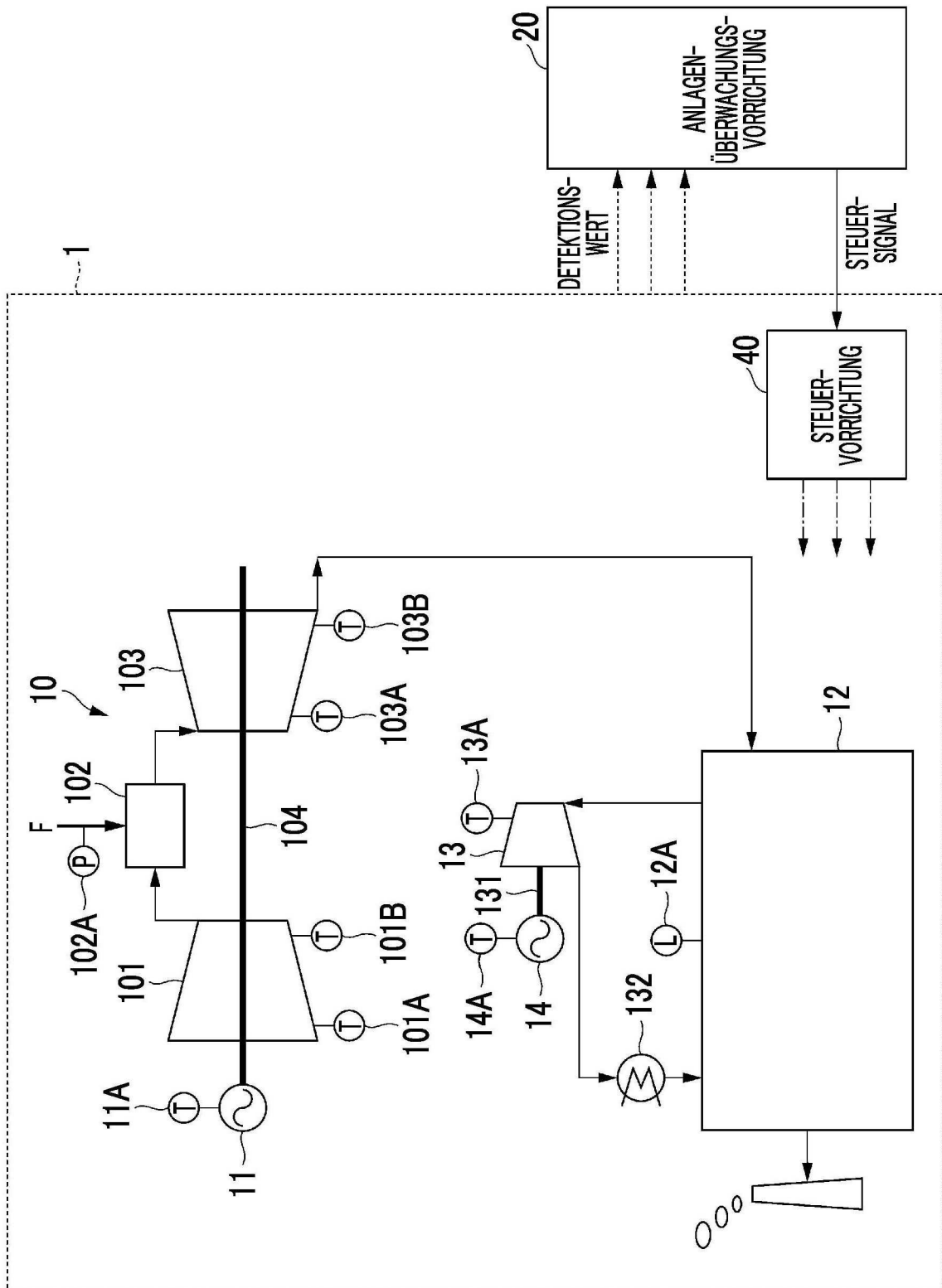


FIG. 2

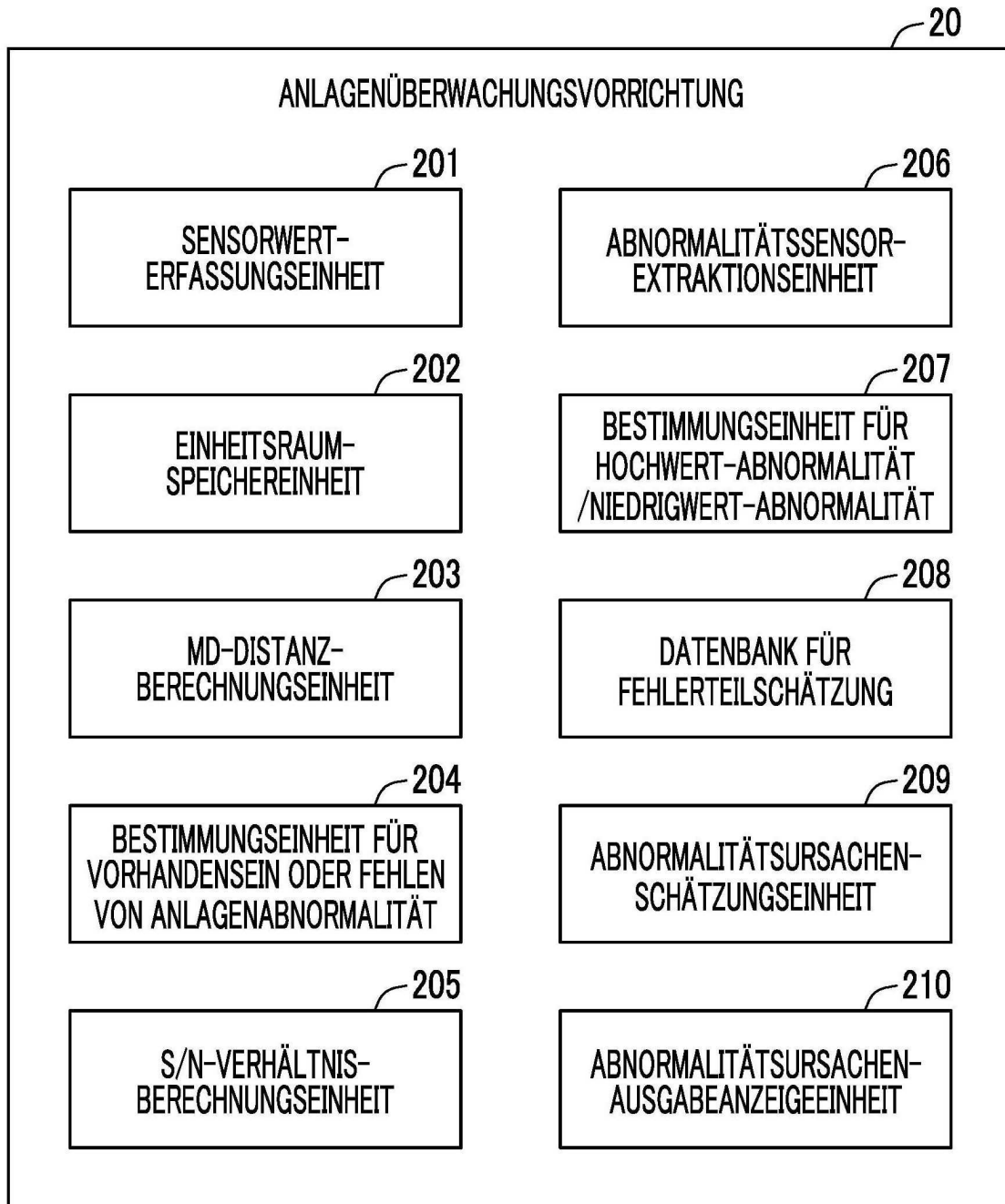


FIG. 3

	...	WASSERSTAND- REGELVENTIL FÜR MITTELDRUCK- TROMMEL ABNORMAL GEÖFFNET	WASSERSTAND- REGELVENTIL FÜR MITTELDRUCK- TROMMEL ABNORMAL GESCHLOSSEN	BYPASSVENTIL FÜR HOCHDRUCK- TURBINE ABNORMAL GEÖFFNET	REGELVENTIL FÜR MITTELDRUCK- TROMMEL- WASSER- VERSORGUNGS- STRÖMUNGSRATE ABNORMAL GESCHLOSSEN	...
.....
WASSERSTAND VON MITTELDRUCK- TROMMEL+	...	-2	-0,2	-0,2	-2	...
WASSERSTAND VON MITTELDRUCK- TROMMEL-	...	1	0,1	0,1	1	...
.....
STRÖMUNGSRATE VON MITTEL- DRUCKTROMMEL- WASSER- VERSORGUNG+	...	...	...	...	-2	...
STRÖMUNGSRATE VON MITTEL- DRUCKTROMMEL- WASSER- VERSORGUNG-	...	...	...	...	1	...
.....
DRUCK VON HOCH- DRUCKTROMMEL+	...	...	...	-2	...	...
DRUCK VON HOCH- DRUCKTROMMEL-	...	...	...	1	...	...
.....

FIG. 4

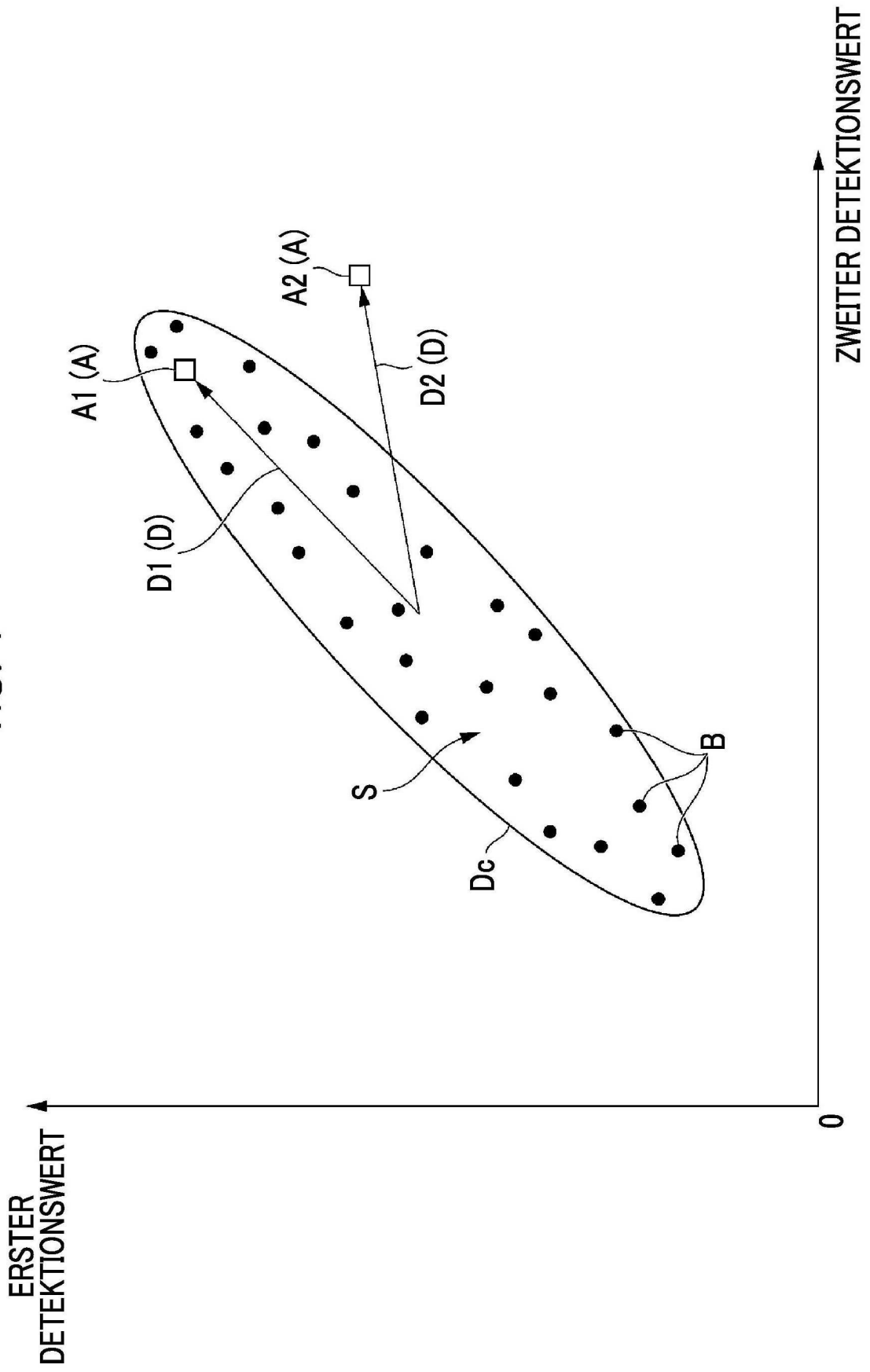


FIG. 5

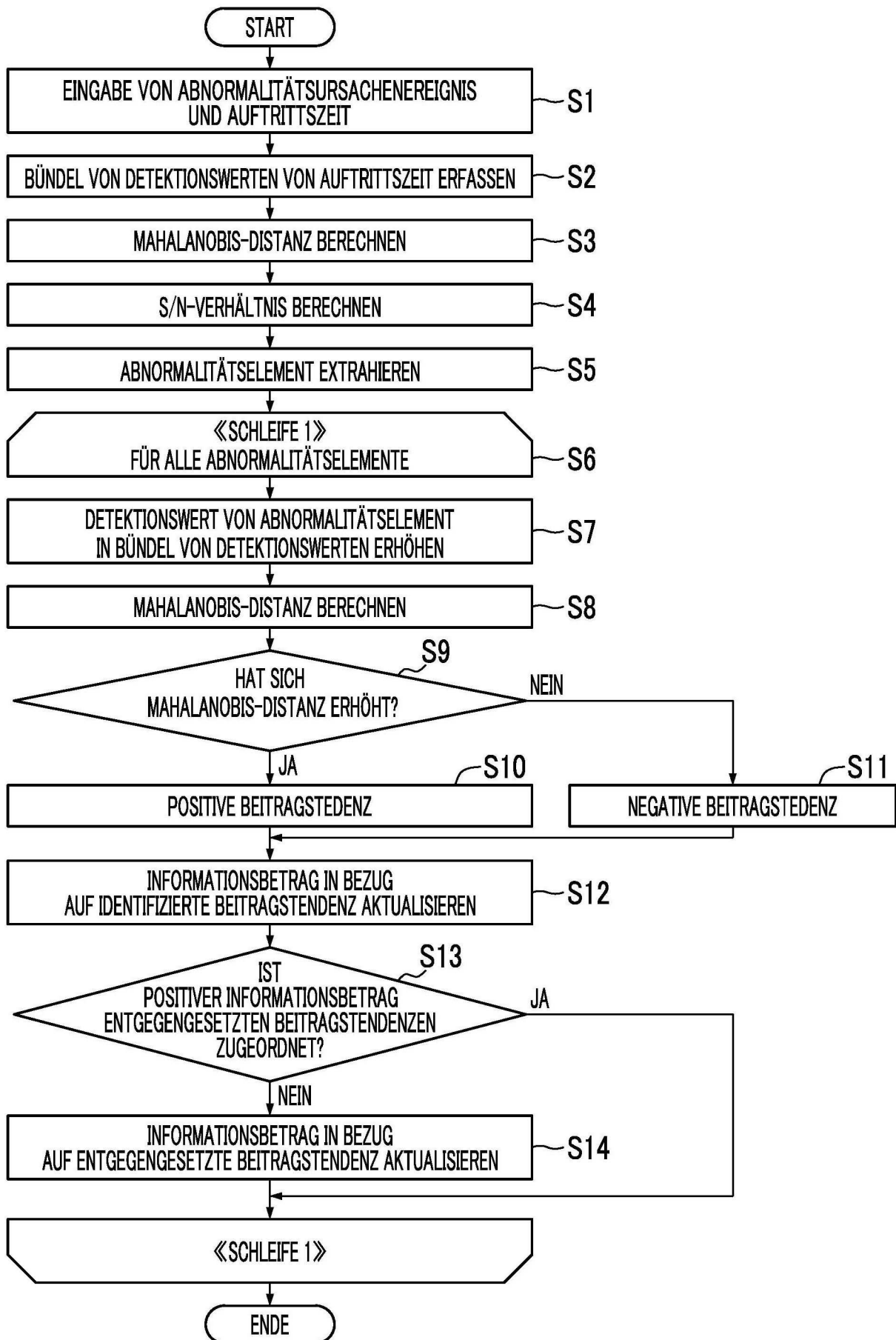


FIG. 6

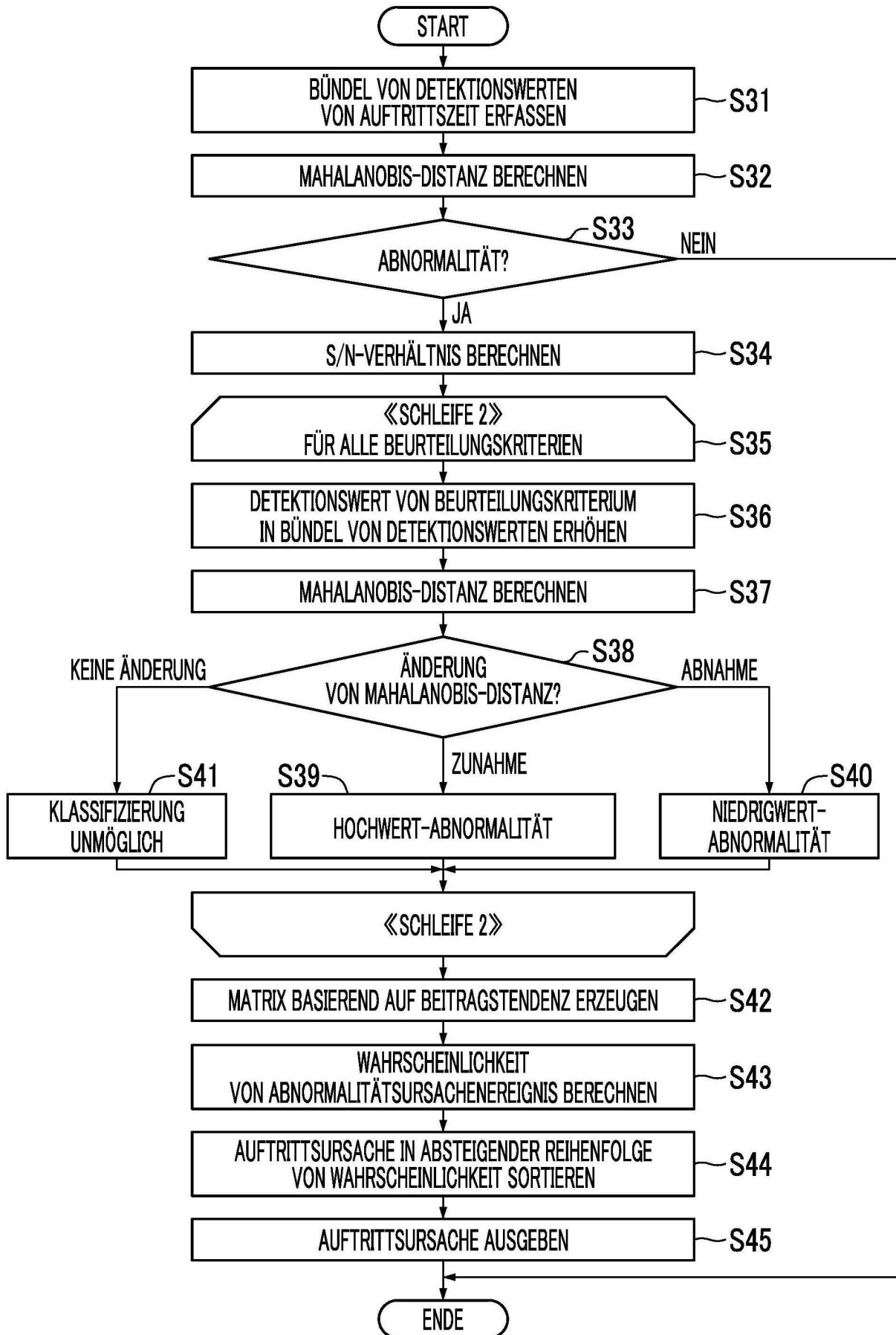


FIG. 7

