



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/199575**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 000 187.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/003426**
(86) PCT-Anmeldetag: **02.02.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.10.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.05.2024**

(51) Int Cl.: **G06F 30/10** (2020.01)

G06F 30/12 (2020.01)

G06T 17/30 (2006.01)

G01B 21/20 (2006.01)

G01C 11/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2022-065661 **12.04.2022** **JP**
(71) Anmelder:
mitsubishi heavy industries, ltd., tokyo, jp
(74) Vertreter:
**henkel & partner mbB Patentanwaltskanzlei,
rechtsanwaltskanzlei, 80333 münchen, de**

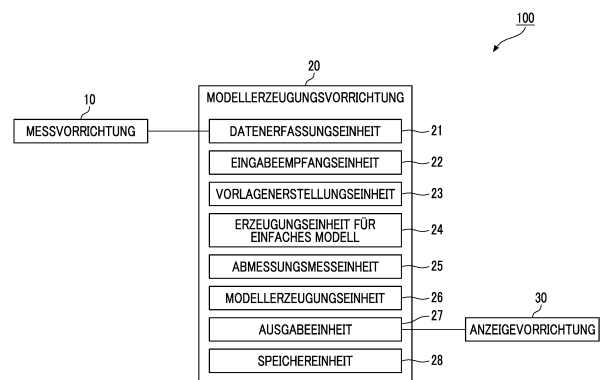
(72) Erfinder:
**mizumi, shunsuke, tokyo, jp; tabata, soichiro,
tokyo, jp; ishibashi, koji, tokyo, jp; takahashi,
tadashi, tokyo, jp**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **MODELLERZEUGUNGSVORRICHTUNG, MODELLERZEUGUNGSSYSTEM,
MODELLERZEUGUNGSVERFAHREN UND PROGRAMM**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung bereitgestellt, die ein dreidimensionales Modell in kurzer Zeit erzeugt. Eine Modellerzeugungsvorrichtung umfasst eine Erfassungseinheit, die Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts erfasst, eine Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell, die ein dreidimensionales Modell auf der Grundlage der Messdaten erzeugt, eine Abmessungsmesseinheit, die Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells misst, und eine Modellerzeugungseinheit, die ein parametrisches dreidimensionales Modell des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts erzeugt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Modellerzeugungsvorrichtung, ein Modellerzeugungssystem, ein Modellerzeugungsverfahren und ein Programm. Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität basierend auf der japanischen Patentanmeldung Nr. 2022-065661, die am 12. April 2022 in Japan eingereicht wurde und deren Inhalt hier durch Verweis aufgenommen wird.

Stand der Technik

[0002] Große Maschinen, wie beispielsweise ein Niederdruckgehäuse einer Dampfturbine, weisen im Allgemeinen große Herstellungstoleranzen auf und werden oft nicht immer gemäß Zeichnungen hergestellt. Nach Betrieb kann die Innenstruktur der Turbine thermischer Verformung oder dergleichen unterzogen worden sein und kann von der Form und den Abmessungen zum Zeitpunkt von Herstellung abweichen. In einem Fall des Bewertens von Leistung der Innenstruktur der Turbine nach langfristigem Betrieb ist es sehr wichtig, eine tatsächliche Form der Innenstruktur zu modellieren und einen Strömungszustand der tatsächlichen Vorrichtung zu verstehen. Insbesondere ist es sehr wichtig, Abmessungen eines Strömungswegabschnitts eines Diffusors, die die Leistung beeinflussen, in einer Form, die in gewissem Maße nahe der tatsächlichen Form ist, schnell zu bewerten. In einem Fall, in dem es bestimmt wird, eine von einem anderen Unternehmen hergestellte Turbine durch eine von dem eigenen Unternehmen hergestellte Turbine zu ersetzen, dauert es in dem Stand der Technik, nachdem das Gehäuse geöffnet wurde, mehrere Tage bis eine Woche, um Abmessungen des Gehäuses unter Verwendung eines Maßbands, einer Laser-Messvorrichtung oder dergleichen zu messen. Als eine verwandte Technik offenbart PTL 1 eine Technik des Messens der gesamten Form eines Objekts durch Verwenden von Messmitteln des berührungslosen Typs, wie beispielsweise eines Lasers, des Erstellens von zusammengesetzten Formdaten, die eine dreidimensionale Form des Objekts durch eine Kombination aus einem Zylinder, einer gekrümmten Fläche, einer Ebene und dergleichen darstellen, auf der Grundlage von durch Messung erhaltenen Daten und des Erstellens von CAD-Daten aus den zusammengesetzten Formdaten. In einem Fall von Verarbeitung des Messens der Gesamtform des Objekts via einen Laser oder dergleichen und des Erzeugens von CAD-Daten ist es jedoch notwendig, eine große Menge an Daten, die die Gesamtform des Objekts definieren, ohne Auslassung zu messen. Daher ist viel Zeit erforderlich, um ein dreidimensionales Modell zu erzeugen. Selbst in einem Fall, in dem Informationen ohne Auslassung der Form erfasst werden können, weisen

Punktgruppendaten, die von einer berührungslosen Mehrpunkt-Messvorrichtung, wie beispielsweise einem Laser oder LiDAR (Light Detection and Ranging), erhalten werden, zu viele Datenpunkte auf (die Datenpunktdichte ist zu hoch), um für direkte Analyse verwendet zu werden. Ferner enthalten die Punktgruppendaten feines Rauschen, und infolgedessen ist es notwendig, die Datenpunkte vernünftig auszudünnen, was mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Zitatliste

Patentliteratur

[0003] [PTL 1] Japanische ungeprüfte Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. 2013-32922 Zusammenfassung der Erfindung

Technisches Problem

[0004] Es besteht ein Bedarf an einer Technik, die in der Lage ist, ein dreidimensionales Modell eines Objekts in kurzer Zeit ohne Zeichnungsinformationen zu erzeugen.

[0005] Die vorliegende Offenbarung stellt eine Modellerzeugungsvorrichtung, ein Modellerzeugungssystem, ein Modellerzeugungsverfahren und ein Programm bereit, die in der Lage sind, die oben beschriebenen Probleme zu lösen.

Lösung für das Problem

[0006] Es wird gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung eine Modellerzeugungsvorrichtung bereitgestellt, die umfasst: eine Erfassungseinheit, die Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts erfasst; eine Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell, die ein dreidimensionales Modell auf der Grundlage der Messdaten erzeugt; eine Abmessungsmesseinheit, die Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells misst; und eine Modellerzeugungseinheit, die ein parametrisches dreidimensionales Modell des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts erzeugt.

[0007] Es wird gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Modellerzeugungssystem bereitgestellt, das umfasst: eine Messvorrichtung, die eine dreidimensionale Form eines Objekts misst; und die Modellerzeugungsvorrichtung.

[0008] Es wird gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Modellerzeu-

gungsverfahren bereitgestellt, das umfasst: einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts; einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten; einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

[0009] Es wird gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung ein Programm bereitgestellt, das einen Computer veranlasst, einen Prozess auszuführen, der umfasst: einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts; einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten; einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

Vorteilhafte Effekte der Erfindung

[0010] Gemäß der Modellerzeugungsvorrichtung, dem Modellerzeugungssystem, dem Modellerzeugungsverfahren und dem Programm, die oben beschrieben sind, ist es möglich, ein dreidimensionales Modell eines Objekts in kurzer Zeit zu erzeugen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel eines Modellerzeugungssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Beispiel eines dreidimensionalen Modells, das auf Zeichnungsinformationen eines Objekts basiert, darstellt.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel von Verarbeitung des Messens einer Form eines Objekts gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 4 ist ein schematisches Diagramm von Verarbeitung des Erzeugens eines einfachen dreidimensionalen Modells gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 5 ist ein erstes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 6A ist ein zweites Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 6B ist ein drittes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 6C ist ein viertes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 6D ist ein fünftes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 7 ist ein erstes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 8A ist ein zweites Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 8B ist ein drittes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 9 ist ein viertes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 10A ist ein fünftes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 10B ist ein sechstes Diagramm, das Abmessungsmessverarbeitung eines Diffusors gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 11 ist ein Diagramm, das Einstellung von Abmessungen in einer Vorlage gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung erläutert.

Fig. 12 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel von Modellerzeugungsverarbeitung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt.

Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Hardwarekonfiguration der Modellerzeugungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt. Beschreibung von Ausführungsformen

<Ausführungsform>

(Systemkonfiguration)

[0011] Nachstehend wird ein Modellerzeugungsverfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **13** beschrieben. **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel eines Modellerzeugungssystems gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt. Ein Modellerzeugungssystem 100 enthält eine Messvorrichtung 10, eine Modellerzeugungsvorrichtung 20 und eine Anzeigevorrichtung 30. Das Modellerzeugungssystem 100 erzeugt ein dreidimensionales Modell eines Objekts, für das es keine Zeichnungsinformationen gibt, in kurzer Zeit. Das Objekt ist nicht besonders eingeschränkt, und ein dreidimensionales Modell kann für verschiedene große Maschinen und Vorrichtungen, wie beispielsweise eine Turbine und einen Kessel, erzeugt werden. Nachstehend wird ein Fall, in dem das Objekt ein Gehäuse einer Dampfturbine ist, als ein Beispiel beschrieben.

[0012] **Fig. 2** stellt ein Beispiel eines dreidimensionalen Modells 200 dar, das auf CAD(computer-aided design, rechnerunterstütztes Konstruieren)-Daten (Zeichnungsinformationen) eines Gehäuses einer Dampfturbine basiert. Ein Raum, der von einer ebenen Fläche und einer zylindrischen Fläche umgeben ist, ist innerhalb des Gehäuses vorgesehen, und verschiedene Strukturen, wie beispielsweise Rohre, sind in dem Raum vorgesehen. Formen des Inneren und des Äußeren des Gehäuses bilden komplizierte Formen, die durch eine Kombination aus einem Kreis, einer Ellipse, einer rechteckigen Ebene, einem Zylinder und dergleichen dargestellt werden. Um ein dreidimensionales Modell 200, das auf CAD-Daten, wie in **Fig. 2** dargestellt, basiert, ohne Zeichnungsinformationen zu konstruieren, ist es notwendig, Abmessungen und Positionsinformationen jedes Abschnitts des Gehäuses über einen langen Zeitraum zu messen. In einem Fall, in dem ein Mannloch 201, das an einer Seitenfläche des Gehäuses vorgesehen ist, geöffnet ist, kann eine Person das Innere des Gehäuses betreten und eine Inspektion oder dergleichen durchführen. Um einen Raum des Inneren und eine Form jeder Struktur zu messen, ist es jedoch notwendig, ein Gerüst zu bauen. Infolgedessen ist es nicht einfach, Abmessungen oder dergleichen zu messen, die anstelle von Zeichnungsinformationen verwendet werden können. Aus diesem Grund wird bei der vorliegenden Ausführungsform eine Vorlage eines dreidimensionalen Modells der

Gehäuseform durch Verwenden einer parametrischen CAD-Funktion im Voraus erstellt, und tatsächliche Abmessungen des Gehäuses werden auf die Vorlage angewendet. Dadurch wird ein parametrisches CAD-Modell des Objekts erzeugt, und Leistung und dergleichen werden unter Verwendung des parametrischen CAD-Modells analysiert. Für die Abmessungen des Gehäuses, die auf die Vorlage angewendet werden, wird die Form des Inneren des Gehäuses von der Messvorrichtung 10 gemessen, und vorübergehend wird ein einfaches dreidimensionales Modell auf der Grundlage eines Messergebnisses erzeugt. Darüber hinaus werden notwendige Abmessungen auf der Grundlage des erzeugten einfachen dreidimensionalen Modells gemessen. Dadurch kann eine Messzeit unter Verwendung der tatsächlichen Vorrichtung erheblich verkürzt werden, und das dreidimensionale Modell kann in kurzer Zeit erzeugt werden.

[0013] Die Messvorrichtung 10 ist ein berührungsloser Sensor, der eine Form eines Objekts misst. Beispielsweise ist die Messvorrichtung 10 eine Bildgebungsvorrichtung, wie beispielsweise eine Kamera, die ein Bewegtbild oder ein Standbild aufnimmt, oder ein dreidimensionaler Distanzmesser, wie beispielsweise ein Laserscanner oder ein LiDAR. Die Messvorrichtung 10 misst dreidimensionale Formen des Inneren und des Äußeren des Objekts, für das ein dreidimensionales Modell zu erzeugen ist.

[0014] **Fig. 3** stellt eine Art und Weise des Messens einer Form des Inneren des Gehäuses der Dampfturbine durch Verwenden einer Kamera als die Messvorrichtung 10 dar. Beispielsweise kann ein Arbeiter eine Form des Inneren messen, indem er eine Kamera veranlasst, durch eine Öffnung, wie beispielsweise ein Mannloch 201, zu dem Inneren hin ausgerichtet zu sein und ein Bild des Inneren aufzunehmen, oder kann eine Form des Inneren messen, indem er eine Drohne mit einer Kamera und einem Licht veranlasst, sich zu dem Inneren des Gehäuses hin zu bewegen und ein Bild des Inneren aufzunehmen. Alternativ können eine Kamera und ein Licht an einer Spitze eines Hilfswerkzeugs, wie beispielsweise eines stabförmigen Elements, montiert werden, und ein Arbeiter kann das Hilfswerkzeug in das Innere einer Auslasskammer einführen und die Kamera veranlassen, ein Bild des Inneren aufzunehmen. Das Aufnehmen durch die Öffnung, das Aufnehmen unter Verwendung der Drohne und das Aufnehmen unter Verwendung des Hilfswerkzeugs können gleichzeitig parallel durchgeführt werden. Das von der Kamera aufgenommene Bild kann ein Bewegtbild oder ein Standbild sein. Durch Verwenden der Drohne oder des Hilfswerkzeugs ist es möglich, Messung in unmittelbarer Nähe zu einem Zielabschnitt selbst an einem Ort, an dem es für eine Person schwierig ist, direkt einzutreten, wie beispielsweise dem Inneren des Gehäuses der Dampf-

turbine, durchzuführen. Obwohl eine Gelegenheit und eine Zeit zum Messen der Form der Dampfturbine, die von einem Benutzer zu betreiben ist, begrenzt sind, kann bei der Messung durch die Kamera ein breiter Bereich von Bildern auf einmal erfasst werden. Somit kann die Messung in kurzer Zeit abgeschlossen werden. Die Messzeit kann weiter verkürzt werden, indem das Aufnehmen durch die Öffnung und das Aufnehmen unter Verwendung der Drohne oder des Hilfswerkzeugs parallel durchgeführt werden. Selbst bei dreidimensionaler Messung kann unter Verwendung der Drohne oder des Hilfswerkzeugs die Form des Objekts auf dieselbe Weise wie in dem Fall der Kamera gemessen werden. Sowohl Messung durch Bildaufnahme unter Verwendung einer Kamera als auch Messung durch einen dreidimensionalen Distanzmesser können parallel durchgeführt werden. Bei der Messung durch den dreidimensionalen Distanzmesser ist ein Bereich, der auf einmal gemessen werden kann, schmaler als ein Bereich, der durch die Bildaufnahme gemessen werden kann, aber die Messgenauigkeit wird verbessert. Daher kann für einen Abschnitt, in dem Messgenauigkeit nicht erforderlich ist, Messung durch Bildaufnahme durchgeführt werden, und für einen Abschnitt, in dem Messgenauigkeit erforderlich ist, kann Messung durch den dreidimensionalen Distanzmesser durchgeführt werden.

[0015] Die Modellerzeugungsvorrichtung 20 enthält eine Datenerfassungseinheit 21, eine Eingabeempfangseinheit 22, eine Vorlagenerstellungseinheit 23, eine Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell, eine Abmessungsmesseinheit 25, eine Modellerzeugungseinheit 26, eine Ausgabereinheit 27 und eine Speichereinheit 28.

[0016] Die Datenerfassungseinheit 21 erfasst Messdaten, die die Form des Objekts, die von der Messvorrichtung 10 gemessen wurde, angeben. Die Messdaten sind beispielsweise ein von der Kamera aufgenommenes Bild oder dreidimensionale Koordinatendaten, die von dem dreidimensionalen Distanzmesser gemessen wurden.

[0017] Die Eingabeempfangseinheit 22 ist mit einer Eingabevorrichtung, wie beispielsweise einer Tastatur, einer Maus, einem Touch-Panel und einer Taste, konfiguriert und empfängt eine Eingabe von einem Benutzer unter Verwendung der Eingabevorrichtung. Beispielsweise empfängt bei Abmessungsmessung unter Verwendung eines einfachen dreidimensionalen Modells, das später zu beschreiben ist, die Eingabeempfangseinheit 22 eine Eingabe eines Abschnitts, für den Abmessungen zu messen sind, und eine Eingabe eines Messverfahrens.

[0018] Die Vorlagenerstellungseinheit 23 erstellt eine Vorlage, die eine dreidimensionale Form des Objekts imitiert, und eine Liste von Einstellelemen-

ten, die in der Vorlage einzustellen sind, durch Verwenden einer parametrischen Funktion, die in CAD-Software des parametrischen Typs vorgesehen ist. In einem Fall, in dem Allzweck-CAD-Software verwendet wird, ist es möglich, ein beliebiges Modell zu erstellen, aber es dauert, bis das Modell erstellt ist, weil jede Form manuell erstellt wird. Andererseits kann in einem Fall, in dem die CAD-Software des parametrischen Typs verwendet wird, die Software verbleibende Arbeiten, die zum Erzeugen eines Modells erforderlich sind, durch einfaches Eingeben von erforderlichen Abmessungsinformationen automatisch ausführen. Daher ist es möglich, ein Modell in kurzer Zeit zu erzeugen. Um diese Funktion zu verwenden, ist es hier notwendig, im Voraus eine Vorlage vorzubereiten. In einem Fall, in dem die Vorlage vorbereitet ist, ist es im Allgemeinen möglich, ein Modell zu konstruieren, indem Parameter in beliebige Abmessungswerte innerhalb eines Bereichs, der kein topologisches Versagen verursacht, geändert werden. Bei der Vorlage werden Komponenten, die in der Vorlage enthalten sind, in Einheiten von Komponenten und für jedes Erzeugungsverfahren (zum Beispiel „Extrusion“) verwaltet. Für jede Komponente können ein Typ (eine Linie, ein Kreis, ein Zylinder oder dergleichen), eine Position, Abmessungen in einer horizontalen Richtung und einer vertikalen Richtung, ein Winkel und ein Radius (in einem Fall eines Kreises) der Komponente, eine Distanz zwischen zwei Punkten bei der Komponente, eine Verbindungsbeziehung zwischen mehreren Komponenten und dergleichen eingestellt werden. Die Typen der hier beschriebenen Komponenten und die Verbindungsbeziehung zwischen den mehreren Komponenten sind Beispiele von Einstellelementen, die später zu beschreiben sind. Durch Einstellen geeigneter Werte in den Einstellelementen ist es möglich, ein dreidimensionales Modell (parametrisches CAD-Modell), bei dem eine Größe jeder Komponente flexibel geändert ist, zu erzeugen, während Merkmale der Form des ursprünglichen, zu einer Vorlage gemachten Objekts beibehalten werden. Erstellen von dreidimensionalen CAD-Daten ohne jegliche Informationen ist extrem zeitaufwändig. Jedoch ist es mit einem parametrischen CAD-Modell durch einfaches Einstellen von numerischen Werten, wie beispielsweise Abmessungen und Positionsinformationen, in den Einstellelementen der im Voraus erstellten Vorlage möglich, ein dreidimensionales Modell leicht zu erzeugen. Sobald die Vorlage erstellt ist, kann die Vorlage später geändert oder angepasst werden.

[0019] Die Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt ein einfaches dreidimensionales Modell des Objekts auf der Grundlage der Messdaten, die von der Datenerfassungseinheit 21 erfasst wurden. Das einfache dreidimensionale Modell ist beispielsweise eine Punktgruppe (ein Satz von Koordinatendaten einer Oberfläche des Objekts), eine

STL (Standard Triangulated Language, Polygondaten) oder dergleichen. Als ein Verfahren zum Erzeugen eines dreidimensionalen Modells aus einem Bild oder dreidimensionalen Koordinatendaten kann jedes bekannte Verfahren, wie beispielsweise ein Photogrammetrieverfahren oder ein Stereolithographieverfahren, verwendet werden. **Fig. 4** stellt einen Überblick von Verarbeitung des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells via ein Photogrammetrieverfahren dar. Die Datenerfassungseinheit 21 erfasst mehrere Bilder (401). Die Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt ein integriertes Bild durch Überlagern eines gemeinsamen Abschnitts von jedem der Bilder (402) und erstellt ein dreidimensionales Modell auf der Grundlage des integrierten Bildes (403). Das einfache dreidimensionale Modell weist, so wie es ist, keine genügende Genauigkeit auf, um für Leistungsanalyse verwendet zu werden, wird jedoch zum Zweck des Messens von Abmessungen und dergleichen erzeugt, die in einer zum Erzeugen eines parametrischen CAD-Modells erforderlichen Vorlage einzustellen sind.

[0020] Die Abmessungsmesseinheit 25 berechnet Abmessungen und Positionsinformationen jedes Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des einfachen dreidimensionalen Modells, das von der Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt wurde. Beispielsweise enthält die Abmessungsmesseinheit 25 Software, die eine Funktion des Lesens eines dreidimensionalen Modells und des Berechnens und Darstellens eines Querschnitts des dreidimensionalen Modells und eine Funktion des Messens einer Größe, einer Fläche, eines Winkels und dergleichen jedes Abschnitts des dreidimensionalen Modells aufweist. Beispielsweise misst die Abmessungsmesseinheit 25 für ein Rohr in einem in **Fig. 5** dargestellten Bereich 501 einen Durchmesser des Rohrs, indem sie zylindrische Approximation durchführt. Für einen Winkel 502 misst die Abmessungsmesseinheit 25 einen Winkel 502 durch Berechnen eines Winkels zwischen einem Element 503 und einer „-X-Richtung“. Beispielsweise misst, wie in **Fig. 6A** dargestellt, die Abmessungsmesseinheit 25 für einen Durchmesser eines Elements 600 einen Außendurchmesser des Elements 600 mit einem Messschieber 601, der das Element 600 einklemmt. Alternativ misst, wie in **Fig. 6B** dargestellt, die Abmessungsmesseinheit 25 einen Innendurchmesser des Elements 600 mit einem Messschieber 601. Wie in **Fig. 6C** dargestellt, misst in einem Fall, in dem ein Benutzer einen Punkt 602 und einen Punkt 603 designiert und eine Anweisung zum Messen einer Distanz zwischen den zwei Punkten via die Eingabeempfangseinheit 22 eingibt, die Abmessungsmesseinheit 25 eine Länge zwischen den zwei Punkten. Ähnlich misst in einem Fall, in dem ein Benutzer einen Punkt 604 und einen Punkt 605 designiert und eine Anweisung zum Messen einer Distanz zwischen den zwei Punkten via die Eingabeempfangseinheit

22 eingibt, die Abmessungsmesseinheit 25 eine Länge zwischen den zwei Punkten. Durch geringfügiges Verschieben von Messpositionen des gleichen Abschnitts auf diese Weise können mehrere Messergebnisse erhalten werden. Wie in **Fig. 6D** dargestellt, misst in einem Fall, in dem auf einem dreidimensionalen Modell bei Betrachtung des Elements 600 von einem anderen Winkel ein Punkt 606 und ein Punkt 607 designiert werden, die Abmessungsmesseinheit 25 eine Länge zwischen den zwei Punkten. Darüber hinaus misst in einem Fall, in dem ein Punkt 609 und ein Punkt 610 designiert werden, die Abmessungsmesseinheit 25 eine Länge von dem Punkt 609 zu dem Punkt 610. Auf diese Weise kann die Abmessungsmesseinheit 25 in einem Fall, in dem ein Benutzer einen Abschnitt (zum Beispiel einen Durchmesser des Elements 600) zur Erfassung von Abmessungen designiert, Messung via verschiedene Verfahren unter Verwendung des einfachen dreidimensionalen Modells durchführen. Daher ist es beispielsweise selbst in einem Fall, in dem das Element 600, das aus einer bestimmten Richtung gesehen wird, eine Lücke oder dergleichen aufweist und es schwierig ist, Abmessungen, wie beispielsweise eine Länge, zu messen, möglich, Abmessungen des gleichen Abschnitts unter Verwendung des dreidimensionalen Modells, das aus einer anderen Richtung gesehen wird, zu messen. Alternativ ist es selbst in einem Fall, in dem das dreidimensionale Modell aus der gleichen Richtung gesehen wird, möglich, Abmessungen des gleichen Abschnitts via mehrere Verfahren zu messen (zum Beispiel den Außendurchmesser und den Innendurchmesser in **Fig. 6A** und **Fig. 6B** und die Distanz zwischen den zwei unterschiedlichen Punkten in jeweils **Fig. 6C** und **Fig. 6D**). Somit kann die Messgenauigkeit gewährleistet werden. In einem Fall, in dem Messung durch mehrere Verfahren durchgeführt wird, kann die Abmessungsmesseinheit 25 einen Durchschnitt aller Messwerte oder einen Durchschnitt der verbleibenden Messwerte außer einem Maximalwert und einem Minimalwert berechnen und kann einen Wert des Durchschnitts als einen endgültigen Abmessungsmesswert des Abschnitts ausgeben.

[0021] Die Abmessungsmesseinheit 25 kann Positionsinformationen jedes Abschnitts, wenn eine vorbestimmte Position als der Ursprung eingestellt ist, messen. Beispielsweise misst in einem Fall, in dem ein Benutzer einen Punkt 606 designiert und Anzeige der Koordinateninformationen anweist, die Abmessungsmesseinheit 25 Positionsinformationen des Punkts 606 und gibt sie aus. Beispielsweise kann in einem Fall, in dem die Vorlage Einstellung der Positionsinformationen des Abschnitts erfordert, ein Benutzer die von der Abmessungsmesseinheit 25 gemessenen Positionsinformationen für das Element der Vorlage einstellen.

[0022] Für eine rotationssymmetrische Form schätzt die Abmessungsmesseinheit 25 die Form durch Analysieren mehrerer Querschnitte, die ein Drehzentrum passieren, und misst die Abmessung. **Fig. 7** stellt ein Beispiel eines einfachen dreidimensionalen Modells eines in einem Gehäuse einer Dampfturbine vorgesehenen Diffusors dar. Ein Loch, das ein Rotor passiert, ist an einem Mittelabschnitt des Diffusors gebildet, und ein kegelförmiger Abschnitt um das Loch wird als ein Lagerkonus bezeichnet. Ein Benutzer designiert Ebenen 1 bis 4, die eine Mitte P des Diffusors passieren. In diesem Fall berechnet, beim Durchführen von Schneiden entlang der Ebenen 1 bis 4, die Abmessungsmesseinheit 25 Querschnitte und stellt sie dar. Als ein Beispiel sind eine Schnittfläche der Ebene 1 und eine Schnittfläche der Ebene 2 entsprechend in **Fig. 8A** und **Fig. 8B** dargestellt. **Fig. 8A** und **Fig. 8B** stellen einen Lagerkonus 801 und eine Strömungsführung 802 dar. Der Lagerkonus 801 und die Strömungsführung 802 sind Teile, die eng mit Leistung der Dampfturbine zusammenhängen und die beim Modellieren Genauigkeit erfordern. Der Benutzer bestimmt Qualitäten des Lagerkonus 801 und der Strömungsführung 802, die dargestellt sind, und gibt ein Bestimmungsergebnis via die Eingabeempfangseinheit 22 in die Modellerzeugungsvorrichtung 20 ein. In einem Fall des Lagerkonus 801 von **Fig. 8B** bestimmt der Benutzer beispielsweise, da es eine Lücke (Bereich 803) gibt und es keine Ecke (Bereich 804) gibt, dass der Lagerkonus 801 „schlecht“ ist.

[0023] Die Abmessungsmesseinheit 25 führt auf der Grundlage einer Anweisung eines Benutzers lineare Approximation an den Daten des Lagerkonus 801, die als „gut“ bestimmt wurden, durch und berechnet die Abmessung des Lagerkonus 801. Als ein Beispiel stellt **Fig. 9** Ergebnisse von linearer Approximation und Abmessungsmessung bei einer Querschnittsansicht entlang der Ebene 1 dar. In **Fig. 9** ist jede von Linien 17 bis 24 eine gerade Linie, die die Form des Lagerkonus 801 für jeden vorbestimmten Abschnitt approximiert. Die Abmessungsmesseinheit 25 berechnet eine Länge jeder der Linien 17 bis 24 (genauer Koordinatenpositionen von beiden Enden jeder der geraden Approximationslinien 17 bis 24). Da eine Bewertung des Benutzers der Schnittfläche der Ebene 2 „schlecht“ ist, werden keine lineare Approximation und Messung durchgeführt. Obwohl nicht dargestellt, führt die Abmessungsmesseinheit 25 lineare Approximation für die Schnittflächen der Ebene 3 und der Ebene 4 für jeden vorbestimmten Abschnitt auf die gleiche Weise wie in **Fig. 9** dargestellt durch und misst eine Länge jeder geraden Linie (genauer Koordinatenpositionen von beiden Enden jeder geraden Linie). Darüber hinaus mittelt die Abmessungsmesseinheit 25 die Messergebnisse jeder Schnittfläche und berechnet eine gerade Approximationslinie jedes Abschnitts des Lagerkonus 801 und eine Länge der geraden Approxima-

tionslinie. Da die Form des Lagerkonus 801 in Bezug auf den Punkt rotationssymmetrisch ist, ist es möglich, die Form des Lagerkonus 801 aus jeder geraden Approximationslinie, die durch das Mitteln erhalten wurde, zu schätzen. In einem Fall, in dem es gewünscht ist, Modellierungsgenauigkeit des Lagerkonus 801 zu verbessern, kann Verbesserung von Genauigkeit erwartet werden, indem die Anzahl an Proben durch Durchführen von Schneiden entlang einer größeren Anzahl an Ebenen erhöht wird.

[0024] Die Abmessungsmesseinheit 25 führt auf der Grundlage einer Anweisung eines Benutzers Bogenapproximation an den Daten der Strömungsführung 802, die als „gut“ bestimmt wurden, durch und berechnet die Abmessung der Strömungsführung 802. Als ein Beispiel stellen **Fig. 10A** und **Fig. 10B** entsprechend Ergebnisse von Bogenapproximation und Abmessungsmessung bei einer Querschnittsansicht entlang der Ebenen 1 und 2 dar. Die Abmessungsmesseinheit 25 approximiert jede Strömungsführung 802 entsprechend mit Bögen c1 bis c4. Die Abmessungsmesseinheit 25 misst Positionsinformationen der Mitte von jedem der Bögen c1 bis c4 und eine Länge eines Durchmessers von jedem der Bögen c1 bis c4. Die Abmessungsmesseinheit 25 approximiert auch jede Strömungsführung 802 mit einem Bogen für die Schnittflächen der Ebene 3 und der Ebene 4 und misst Positionsinformationen der Mitte des Bogens und eine Länge eines Durchmessers des Bogens. Darüber hinaus berechnet die Abmessungsmesseinheit 25 eine Koordinatenposition und einen Durchschnittsdurchmesser des Bogens, der die Strömungsführung 802 approximiert, indem er Ergebnisse, die durch Messen jeder Schnittfläche erhalten wurden, mittelt. Da die Form der Strömungsführung 802 in Bezug auf den Punkt rotationssymmetrisch ist, ist es möglich, die Form der Strömungsführung 802 aus dem durch das Mitteln erhaltenen Bogen zu schätzen. In einem Fall, in dem es gewünscht ist, Modellierungsgenauigkeit der Strömungsführung 802 zu verbessern, kann Verbesserung von Genauigkeit erwartet werden, indem die Anzahl an Proben durch Durchführen von Schneiden entlang einer größeren Anzahl an Ebenen erhöht wird. Die Approximation des Lagerkonus 801 mit mehreren geraden Linien und die Approximation der Strömungsführung 802 mit Bögen sind einer Person, die technisches Wissen über eine Dampfturbine besitzt, bekannt. Unabhängig von Herstellern des Gehäuses können die Abmessungen des Lagerkonus 801 und der Strömungsführung 802 unter Verwendung des gleichen Verfahrens mit hoher Genauigkeit gemessen werden.

[0025] Die Modellerzeugungseinheit 26 erzeugt ein dreidimensionales Modell (parametrisches CAD-Modell) des Objekts durch Einstellen der von der Abmessungsmesseinheit 25 gemessenen Abmessungen in der Vorlage des parametrischen CAD-

Modells, wobei die Vorlage von der Vorlagenerstellungseinheit 23 erstellt wird. Beispielsweise enthält die Modellerzeugungseinheit 26 Software mit einer parametrischen CAD-Funktion (CAD-Software des parametrischen Typs). Wie in **Fig. 11** dargestellt, enthält solche Software eine Schnittstelle T200 zum Einstellen eines Werts in einem Einstelllement einer Vorlage. Der Benutzer gibt die Abmessungen und die Positionsinformationen, die von der Abmessungsmesseinheit 25 gemessen wurden, via die Schnittstelle T200 ein. Die Modellerzeugungseinheit 26 liest die Abmessungen und die Positionsinformationen, die eingegeben wurden, stellt jeden Wert in der Vorlage ein und erzeugt ein dreidimensionales Modell 202 (parametrisches CAD-Modell) des Objekts. In einem Fall, in dem das dreidimensionale Modell 202 von **Fig. 11** mit dem in **Fig. 2** dargestellten dreidimensionalen Modell, das auf den CAD-Daten basiert, verglichen wird, wird ein einfaches dreidimensionales Modell erzeugt. In dem Fall des in **Fig. 2** dargestellten dreidimensionalen Modells dauert es sehr lange (zum Beispiel ein bis zwei Monate), da das Modell durch Verwenden von Allzweck-CAD-Software ohne jegliche Informationen erzeugt wird. Ein Modell kann nicht ohne detaillierte Abmessungsdaten erzeugt werden. Indessen wird Leistung des Gehäuses (Niederdruck-Auslasskammer) der Dampfturbine bei diesem Beispiel durch „Druckrückgewinnungsleistung“ bewertet, und ein Wert der Leistung wird im Wesentlichen durch Abmessungen, Formen, Anordnung und dergleichen eines Auslasskammerkörpers und von Hauptinnenelementen, beispielsweise dem Diffusor, der den Lagerkonus und die Strömungsführung enthält, definiert. Mit anderen Worten kann, da ein Einfluss von anderen kleinen Innenelementen auf die Leistung gering ist und unter Verwendung eines anderen Verfahrens in gewissem Maße geschätzt werden kann, der Zweck auch durch Leistungsbewertung unter Verwendung des in **Fig. 11** dargestellten dreidimensionalen Modells 202, das kleine Innenelemente ausschließt, erreicht werden. Selbst in einem Fall, in dem es eine Auslassung bei detaillierten Messdaten oder einen Defekt bei dem einfachen dreidimensionalen Modell gibt, ist es ferner möglich, das dreidimensionale Modell 202 in kurzer Zeit (zum Beispiel ein bis zwei Wochen) zu erzeugen.

[0026] Die Ausgabereinheit 27 zeigt das einfache dreidimensionale Modell, das von der Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt wurde, die Ansicht der Schnittfläche, die von der Abmessungsmesseinheit 25 berechnet wurde, das dreidimensionale Modell 202, das von der Modellerzeugungseinheit 26 erzeugt wurde, und dergleichen auf der Anzeigevorrichtung 30 an.

[0027] Die Speichereinheit 28 speichert die Messdaten, die von der Datenerfassungseinheit 21 erfasst wurden, das einfache dreidimensionale Modell

(Punktgruppendaten oder STL), das von der Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt wurde, die Vorlage des parametrischen CAD-Modells, Informationen, wie beispielsweise Einstelllemente, und dergleichen, wobei die Vorlage von der Vorlagenerstellungseinheit 23 erstellt wird.

[0028] Die Anzeigevorrichtung 30 ist durch Verwenden einer Flüssigkristallanzeige oder dergleichen konfiguriert. Die Anzeigevorrichtung 30 zeigt Informationen an, die von der Ausgabereinheit 27 ausgegeben wurden.

(Betrieb)

[0029] Als Nächstes wird ein Fluss von Modellerzeugungsverarbeitung unter Verwendung des Modellerzeugungssystems 100 unter Bezugnahme auf **Fig. 12** beschrieben.

[0030] Zunächst erstellt die Vorlagenerstellungseinheit 23 eine Vorlage des parametrischen CAD-Modells (Schritt S1). Der Benutzer erstellt eine Vorlage eines Objekts, wie beispielsweise eines Gehäuses einer Dampfturbine, durch Verwenden der Funktion der Vorlagenerstellungseinheit 23. In einem Fall, in dem es mehrere Typen von Formen des Objekts gibt, erstellt der Benutzer mehrere Vorlagen. Die Vorlagenerstellungseinheit 23 zeichnet die erstellte Vorlage in der Speichereinheit 28 auf.

[0031] Als Nächstes wird eine dreidimensionale Form des Objekts unter Verwendung der Messvorrichtung 10 gemessen (Schritt S2). Beispielsweise misst der Benutzer die Form des Inneren des Gehäuses durch Verwenden einer Kamera, eines dreidimensionalen Distanzmessers oder dergleichen. Durch Aufnehmen eines Bildes unter Verwendung der Kamera ist es möglich, Messung in kurzer Zeit durchzuführen. Durch Durchführen von Messung unter Verwendung des dreidimensionalen Distanzmessers ist es möglich, die Form des Inneren mit höherer Genauigkeit zu messen. Der Messbereich ist jedoch begrenzt, und somit dauert die Messung lange. In einem Fall, in dem Messung unter Verwendung des dreidimensionalen Distanzmessers durchgeführt wird, können Verarbeitung des Erzeugens eines integrierten Bildes durch Integrieren mehrerer Bilder und Verarbeitung des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells, wie beispielsweise STL, aus Bildern weggelassen werden. Somit kann eine Verarbeitungszeit verkürzt werden. Der Benutzer kann die Kamera und den dreidimensionalen Distanzmesser zusammen auf der Grundlage eines Merkmals der Messvorrichtung 10 verwenden. Beispielsweise kann bei Leistungsanalyse, nachdem das dreidimensionale Modell erzeugt wurde, für einen Abschnitt, der einen großen Einfluss auf die Leistung aufweist, Messung unter Verwendung des dreidimensionalen Distanzmessers durchgeführt werden, und für einen

Abschnitt, der nicht wesentlich mit der Leistung zusammenhängt, kann Messung durch Aufnahmen eines Bildes durchgeführt werden.

[0032] Als Nächstes erfasst die Datenerfassungseinheit 21 Messdaten, die von der Messvorrichtung 10 gemessen werden (Schritt S3). Die Datenerfassungseinheit 21 zeichnet die erfassten Messdaten in der Speichereinheit 28 auf. Als Nächstes erzeugt die Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell ein einfaches dreidimensionales Modell auf der Grundlage der Messdaten, die in der Speichereinheit 28 aufgezeichnet wurden (Schritt S4). Da das einfache dreidimensionale Modell zum Erhalten von Abmessungen bestimmt ist, gibt es selbst in einem Fall, in dem es Lücken oder Verzerrungen gibt, kein Problem, solange Hauptabmessungen und Positionsinformationen gemessen werden können. Die Erzeugungseinheit 24 für einfaches Modell erzeugt ein einfaches dreidimensionales Modell des Objekts durch Verwenden einer bekannten Technik, wie beispielsweise eines Photogrammetrieverfahrens.

[0033] Als Nächstes misst die Abmessungsmesseinheit 25 Abmessungen auf der Grundlage des einfachen dreidimensionalen Modells (Schritt S5). Die Abmessungsmesseinheit 25 misst Abmessungen, die in den Einstellelementen der Vorlage des Objekts enthalten sind, auf der Grundlage einer Anweisung eines Benutzers. Beispielsweise wird in einem Fall des Messens einer Länge eines bestimmten Elements eine Länge des Elements durch Messen einer Länge des Elements unter Verwendung mehrerer Verfahren (wie beispielsweise geringfügiges Verschieben der Messposition) und Berechnen eines Durchschnittswerts oder dergleichen der Länge gemessen. Dadurch kann selbst in einem Fall, in dem es einen Defekt, wie beispielsweise eine Lücke, bei dem einfachen dreidimensionalen Modell gibt, Genauigkeit der gemessenen Abmessungen aufrechterhalten werden. In einem Fall des Anweisens von Messung von Abmessungen kann der Benutzer ein Approximationsverfahren designieren. Beispielsweise kann der Benutzer zylindrische Approximation für eine Seitenfläche eines Rohrs anweisen und kann einen Durchmesser des Rohrs via die zylindrische Approximation messen. Beispielsweise kann der Benutzer Kreisapproximation für einen Querschnitt eines Rohrs anweisen und kann einen Durchmesser des Rohrs via die Kreisapproximation messen. Um die Messgenauigkeit des Rohrdurchmessers durch die Kreisapproximation zu verbessern, können Querschnitte an einer großen Anzahl an Positionen des Rohrs erzeugt werden, und die Kreisapproximation kann für jeden Querschnitt durchgeführt werden. Ähnlich kann die Abmessungsmesseinheit 25 eine Form eines zu messenden Abschnitts durch Verwenden einer Figur, wie beispielsweise eines Dreiecks, einer Ellipse, einer rechteckigen Ebene, eines Polygons,

eines rechteckigen Parallelepipeds, eines Polyeders oder einer Kugel, gemäß der Form des Abschnitts approximieren und Abmessungen und Positionsinformationen des Zielabschnitts auf der Grundlage der approximierten Figur messen. Für eine gekrümmte Fläche, wie beispielsweise den Lagerkonus 801 und die Strömungsführung 802, die in **Fig. 8A** oder dergleichen dargestellt sind, kann die gekrümmte Fläche in vorbestimmte Abschnitte unterteilt werden, und jeder unterteilte Abschnitt kann durch eine gerade Linie approximiert werden. Alternativ kann die gesamte gekrümmte Fläche durch einen Bogen oder eine Ellipse approximiert werden. Die Ausgabereinheit 27 gibt die Abmessungen und die Positionsinformationen, die von der Abmessungsmesseinheit 25 gemessen wurden, zusammen mit dem einfachen dreidimensionalen Modell, der Querschnittsansicht des Abschnitts oder dergleichen an die Anzeigevorrichtung 30 aus (Schritt S6). Der Benutzer überprüft, ob die erforderlichen Abmessungen gemessen wurden oder nicht. In einem Fall, in dem es einen Mangel gibt, veranlasst der Benutzer die Abmessungsmesseinheit 25, Messung durchzuführen, indem er eine vorbestimmte Bedienung durchführt.

[0034] Als Nächstes stellt die Modellerzeugungseinheit 26 die Abmessungen und dergleichen, die bei Schritt S6 ausgegeben wurden, in den Einstellelementen der bei Schritt S1 erstellten Vorlage ein (Schritt S7). Beispielsweise gibt der Benutzer die von der Abmessungsmesseinheit 25 gemessenen Abmessungen in die Schnittstelle T200 ein. In einem Fall, in dem bei Schritt S1 mehrere Vorlagen erstellt werden, überprüft der Benutzer die Form und die Abmessungen des einfachen dreidimensionalen Modells, wählt eine Vorlage mit der Form, die am nächsten ist, aus und gibt die gemessenen Abmessungen und die gemessenen Positionsinformationen in die Einstellelemente der Vorlage ein. In einem Fall, in dem die Abmessungen und die Positionsinformationen in den Einstellelementen eingestellt werden, erzeugt die Modellerzeugungseinheit 26 ein dreidimensionales Modell (parametrisches CAD-Modell) des Objekts (Schritt S8). Die Ausgabereinheit 27 gibt das erzeugte dreidimensionale Modell an die Anzeigevorrichtung 30 aus (Schritt S9). Der Benutzer überprüft das dreidimensionale Modell, das von der Anzeigevorrichtung 30 ausgegeben wurde, und bestimmt, ob Modifikation erforderlich ist oder nicht (Schritt S10). In einem Fall, in dem keine Modifikation erforderlich ist (Nein bei Schritt S10), wird Verarbeitung des Erzeugens des dreidimensionalen Modells abgeschlossen. Der Benutzer führt Leistungsanalyse oder dergleichen unter Verwendung des erzeugten dreidimensionalen Modells durch. In einem Fall, in dem Modifikation erforderlich ist (Ja bei Schritt S10), modifiziert der Benutzer die Vorlage des parametrischen CAD-Modells (Schritt S11). In einem Fall,

in dem die Vorlage modifiziert wird, wird bei Bedarf Verarbeitung ab Schritt S5 wiederholt.

[0035] Wie oben beschrieben, ist es gemäß der vorliegenden Ausführungsform durch Durchführen von Verarbeitung (1) des Vorbereitens einer Vorlage des parametrischen CAD-Modells zum Erzeugen eines Modells eines Objekts, (2) des Messens einer dreidimensionalen Form des Objekts auf eine berührungslose Weise, um zum Erzeugen eines dreidimensionalen Modells erforderliche Abmessungsinformationen zu erfassen, (3) des Konstruierens eines einfachen dreidimensionalen Modells (einer Punktgruppe oder einer STL) unter Verwendung der Messergebnisse, (4) des Extrahierens von Abmessungen und Positionsinformationen, die in der Vorlage einzustellen sind, aus dem einfachen dreidimensionalen Modell und (5) des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells unter Verwendung der parametrischen CAD-Vorlage möglich, ein dreidimensionales Modell eines Objekts, für das es keine Zeichnungsinformationen gibt, in kurzer Zeit zu erzeugen. Durch Messen der Form auf eine berührungslose Weise und Erzeugen eines einfachen dreidimensionalen Modells unter Verwendung der Messdaten ist es für eine Struktur, deren Innenraum es für eine Person schwer macht, einzutreten und Messung durchzuführen (zum Beispiel eine Struktur, die einen Innenraum aufweist, eine Struktur, bei der verschiedene Strukturen, wie beispielsweise Rohre, in dem Innenraum vorgesehen sind, oder dergleichen), wie beispielsweise ein Gehäuse (insbesondere eine Niederdruck-Auslasskammer) oder ein Kessel einer Dampfturbine, möglich, ein dreidimensionales Modell der Struktur zu erzeugen. Dadurch ist es beim Ersetzen von Produkten eines anderen Unternehmens, beim Ersetzen von großen Maschinen, wie beispielsweise Niederdruckturbinen, oder während Umbauarbeit möglich, ein dreidimensionales Modell zu Bewertungszwecken in kurzer Zeit zu erzeugen.

[0036] Fig. 13 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Hardwarekonfiguration der Modellerzeugungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt. Ein Computer 900 enthält eine CPU 901, eine Hauptspeichervorrichtung 902, eine Hilfsspeichervorrichtung 903, eine Eingabe-/Ausgabeschnittstelle 904 und eine Kommunikationsschnittstelle 905. Die Modellerzeugungsvorrichtung 20 ist in dem Computer 900 vorgesehen. Jede der oben beschriebenen Funktionen ist in Form eines Programms in der Hilfsspeichervorrichtung 903 gespeichert. Die CPU 901 liest das Programm aus der Hilfsspeichervorrichtung 903 aus, erweitert das Programm in der Hauptspeichervorrichtung 902 und führt die obige Verarbeitung gemäß dem Programm aus. Die CPU 901 weist einen Speicherbereich in der Hauptspeichervorrichtung 902 gemäß dem Programm zu. Die CPU 901

weist einen Speicherbereich zum Speichern von Daten, die verarbeitet werden, in der Hilfsspeichervorrichtung 903 gemäß dem Programm zu.

[0037] Durch Aufzeichnen eines Programms zum Realisieren aller oder einiger der Funktionen der Modellerzeugungsvorrichtung 20 auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium und durch Einlesen des auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichneten Programms in ein Computersystem und Ausführen des eingelesenen Programms kann die Verarbeitung durch jede Funktionseinheit durchgeführt werden. Das „Computersystem“ hier enthält ein Betriebssystem und Hardware, wie beispielsweise eine Peripherievorrichtung. Das „Computersystem“ enthält auch eine Homepage-Bereitstellungsumgebung (oder Anzeigeumgebung) in einem Fall, in dem ein WWW-System verwendet wird. Das „computerlesbare Aufzeichnungsmedium“ bezieht sich auf ein tragbares Medium, wie beispielsweise eine CD, eine DVD oder einen USB, oder auf eine Speichervorrichtung, wie beispielsweise eine Festplatte, die in das Computersystem eingebaut ist. In einem Fall, in dem das Programm durch eine Kommunikationsleitung an den Computer 900 verteilt wird, kann der Computer 900, an den das Programm verteilt wurde, das Programm in der Hauptspeichervorrichtung 902 erweitern und die obige Verarbeitung ausführen. Das obige Programm kann zum Realisieren eines Teils der obigen Funktionen dienen und kann ferner die obigen Funktionen in Kombination mit einem in dem Computersystem bereits aufgezeichneten Programm realisieren. Die CPU 901 kann mit mehreren Computern 900 konfiguriert sein. Die Speichereinheit 28 kann in einer externen Speichervorrichtung getrennt von dem Computer 900 gespeichert werden.

[0038] Darüber hinaus können die Komponenten der oben erwähnten Ausführungsform durch bekannte Komponenten geeignet ersetzt werden, ohne von dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die oben erwähnte Ausführungsform beschränkt, und die vorliegende Erfindung kann verschiedene Änderungen enthalten, ohne von dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

<Anhang>

[0039] Die Modellerzeugungsvorrichtung 20, das Modellerzeugungssystem 100, das Modellerzeugungsverfahren und das Programm, die bei der Ausführungsform beschrieben sind, werden beispielsweise wie folgt verstanden.

(1) Gemäß einem ersten Aspekt umfasst die Modellerzeugungsvorrichtung 20: eine Erfassungseinheit, die Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts erfasst; eine

Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell, die ein dreidimensionales Modell auf der Grundlage der Messdaten erzeugt; eine Abmessungsmesseinheit, die Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells misst; und eine Modellerzeugungseinheit, die ein parametrisches dreidimensionales Modell des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts erzeugt.

[0040] Dadurch ist es selbst in einem Fall, in dem es keine Zeichnungsinformationen des Objekts gibt, möglich, ein dreidimensionales Modell des Objekts in kurzer Zeit zu erzeugen.

[0041] (2) Gemäß einem zweiten Aspekt misst bei der bei (1) beschriebenen Modellerzeugungsvorrichtung 20 die Abmessungsmesseinheit 25 die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts via mehrere Verfahren und berechnet die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts auf der Grundlage eines Messergebnisses.

[0042] Dadurch ist es selbst in einem Fall, in dem das dreidimensionale Modell Defekte oder Verzerrungen aufweist, möglich, die Messgenauigkeit der Abmessungen aufrechtzuerhalten.

[0043] (3) Gemäß einem dritten Aspekt approximiert bei der bei (1) oder (2) beschriebenen Modellerzeugungsvorrichtung 20 die Abmessungsmesseinheit den vorbestimmten Abschnitt mit einer beliebigen Figur von einem Dreieck, einem Kreis, einem Bogen, einer Ellipse, einer rechteckigen Ebene, einem Polygon, einem rechteckigen Parallelepiped, einem Polyeder, einem Zylinder, einer Kugel und einer geraden Linie und misst die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts auf der Grundlage der für Approximation verwendeten Figur.

[0044] Dadurch ist es selbst in einem Fall, in dem das dreidimensionale Modell Defekte oder Verzerrungen aufweist, möglich, die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts zu messen.

[0045] (4) Gemäß einem vierten Aspekt sind bei der bei einem von (1) bis (3) beschriebenen Modellerzeugungsvorrichtung 20 die Messdaten ein Bild, das durch Aufnehmen des Objekts erhalten wird, und die Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell erzeugt das dreidimensionale Modell via ein Photogrammetrieverfahren, das auf dem Bild basiert.

[0046] Dadurch ist es möglich, ein einfaches dreidimensionales Modell zu erzeugen, das zum Messen der Abmessungen zu verwenden ist.

[0047] (5) Gemäß einem fünften Aspekt sind bei der bei einem von (1) bis (4) beschriebenen Modellerzeugungsvorrichtung 20 die Messdaten dreidimensionale Positionsinformationen, die eine Form des Objekts (zum Beispiel eine Form der Außenoberfläche des Objekts oder eine Form der Innenoberfläche des Objekts) angeben, und die Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell erzeugt das dreidimensionale Modell auf der Grundlage der dreidimensionalen Positionsinformationen.

[0048] Dadurch ist es möglich, ein einfaches dreidimensionales Modell zu erzeugen, das zum Messen der Abmessungen zu verwenden ist. Beispielsweise kann das einfache dreidimensionale Modell ein Satz (Punktgruppe) von Positionsinformationen, die durch einen dreidimensionalen Distanzmesser gemessen wurden, sein.

[0049] (6) Gemäß einem sechsten Aspekt umfasst das Modellerzeugungssystem 100: eine Messvorrichtung, die eine dreidimensionale Form eines Objekts misst; und die bei (1) bis (5) beschriebene Modellerzeugungsvorrichtung.

[0050] Dementsprechend ist es möglich, ein dreidimensionales Modell eines Objekts, für das es keine Zeichnungsinformationen gibt, in kurzer Zeit zu erzeugen.

[0051] (7) Gemäß einem siebten Aspekt weist bei dem bei (6) beschriebenen Modellerzeugungssystem 100 das Objekt eine Form, die einen Raum darin enthält, auf, und die Messdaten werden gemessen, indem die Messvorrichtung an einem sich bewegenden Körper montiert wird und der sich bewegende Körper in dem Raum bewegt wird.

[0052] Dadurch ist es selbst für ein Objekt, das eine Innenform aufweist, deren Raum für eine Person schwer einzutreten und zu vermessen ist, möglich, die Innenform des Objekts zu messen und ein dreidimensionales Modell zu erzeugen.

[0053] (8) Gemäß einem achten Aspekt weist bei dem bei (6) oder (7) beschriebenen Modellerzeugungssystem 100 das Objekt eine Form, die einen Raum darin enthält, auf, und die Messdaten werden gemessen, indem die Messvorrichtung an einem vorbestimmten Element (einem stabförmigen Element, einem plattenförmigen Element, einem Element, das an einer Spitze eines Stabs aufgehängt ist, oder dergleichen) montiert wird und das Element in den Raum eingeführt wird.

[0054] Dadurch ist es selbst für ein Objekt, das eine Innenform aufweist, deren Raum für eine Person schwer einzutreten und zu vermessen ist, möglich, die Innenform des Objekts zu messen und ein dreidimensionales Modell zu erzeugen.

27	Ausgabeeinheit
28	Speichereinheit
30	Anzeigevorrichtung
100	Modellerzeugungssystem
900	Computer
901	CPU
902	Hauptspeichervorrichtung
903	Hilfsspeichervorrichtung
904	Eingabe-/Ausgabeschnittstelle
905	Kommunikationsschnittstelle

[0055] (9) Gemäß einem neunten Aspekt umfasst das Modellerzeugungsverfahren: einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts; einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten; einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

[0056] (10) Gemäß einem zehnten Aspekt veranlasst das Programm einen Computer, einen Prozess auszuführen, der umfasst: einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts; einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten; einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

Industrielle Anwendbarkeit

[0057] Gemäß der Modellerzeugungsvorrichtung, dem Modellerzeugungssystem, dem Modellerzeugungsverfahren und dem Programm, die oben beschrieben sind, ist es möglich, ein dreidimensionales Modell eines Objekts in kurzer Zeit zu erzeugen.

Bezugszeichenliste

10	Messvorrichtung
20	Modellerzeugungsvorrichtung
21	Datenerfassungseinheit
22	Eingabeempfangseinheit
23	Vorlagenerstellungseinheit
24	Erzeugungseinheit für einfaches Modell
25	Abmessungsmesseinheit
26	Modellerzeugungseinheit

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 2022065661 [0001]
- JP 201332922 [0003]

Patentansprüche

1. Modellerzeugungsvorrichtung, umfassend:
 eine Erfassungseinheit, die Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts erfasst;
 eine Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell, die ein dreidimensionales Modell auf der Grundlage der Messdaten erzeugt;
 eine Abmessungsmesseinheit, die Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells misst; und
 eine Modellerzeugungseinheit, die ein parametrisches dreidimensionales Modell des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts erzeugt.

2. Modellerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Abmessungsmesseinheit die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts via mehrere Verfahren misst und die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts auf der Grundlage eines Messergebnisses berechnet.

3. Modellerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Abmessungsmesseinheit den vorbestimmten Abschnitt mit einer beliebigen Figur von einem Dreieck, einem Kreis, einem Bogen, einer Ellipse, einer rechteckigen Ebene, einem Polygon, einem rechteckigen Parallelepiped, einem Polyeder, einem Zylinder, einer Kugel und einer geraden Linie approximiert und die Abmessungen des vorbestimmten Abschnitts auf der Grundlage der für Approximation verwendeten Figur misst.

4. Modellerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei
 die Messdaten ein Bild sind, das durch Aufnehmen des Objekts erhalten wird, und
 die Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell das dreidimensionale Modell via ein Photogrammetrieverfahren, das auf dem Bild basiert, erzeugt.

5. Modellerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei
 die Messdaten dreidimensionale Positionsinformationen sind, die eine Form des Objekts angeben, und
 die Erzeugungseinheit für einfaches dreidimensionales Modell das dreidimensionale Modell auf der Grundlage der dreidimensionalen Positionsinformationen erzeugt.

6. Modellerzeugungssystem, umfassend:
 eine Messvorrichtung, die eine dreidimensionale Form eines Objekts misst; und

die Modellerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2.

7. Modellerzeugungssystem nach Anspruch 6, wobei
 das Objekt eine Form, die einen Raum darin enthält, aufweist, und
 die Messdaten gemessen werden, indem die Messvorrichtung an einem sich bewegenden Körper montiert wird und der sich bewegende Körper in dem Raum bewegt wird.

8. Modellerzeugungssystem nach Anspruch 6, wobei
 das Objekt eine Form, die einen Raum darin enthält, aufweist, und
 die Messdaten gemessen werden, indem die Messvorrichtung an einem vorbestimmten Element montiert wird und das Element in den Raum eingeführt wird.

9. Modellerzeugungsverfahren, umfassend:
 einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts;
 einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten;
 einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und
 einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

10. Programm, das einen Computer veranlasst, einen Prozess auszuführen, der umfasst:
 einen Schritt des Erfassens von Messdaten einer dreidimensionalen Form eines Objekts;
 einen Schritt des Erzeugens eines dreidimensionalen Modells auf der Grundlage der Messdaten;
 einen Schritt des Messens von Abmessungen oder Positionsinformationen eines vorbestimmten Abschnitts des Objekts auf der Grundlage des dreidimensionalen Modells; und
 einen Schritt des Erzeugens eines parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts durch Einstellen der gemessenen Abmessungen oder der gemessenen Positionsinformationen in einer Vorlage des parametrischen dreidimensionalen Modells des Objekts.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

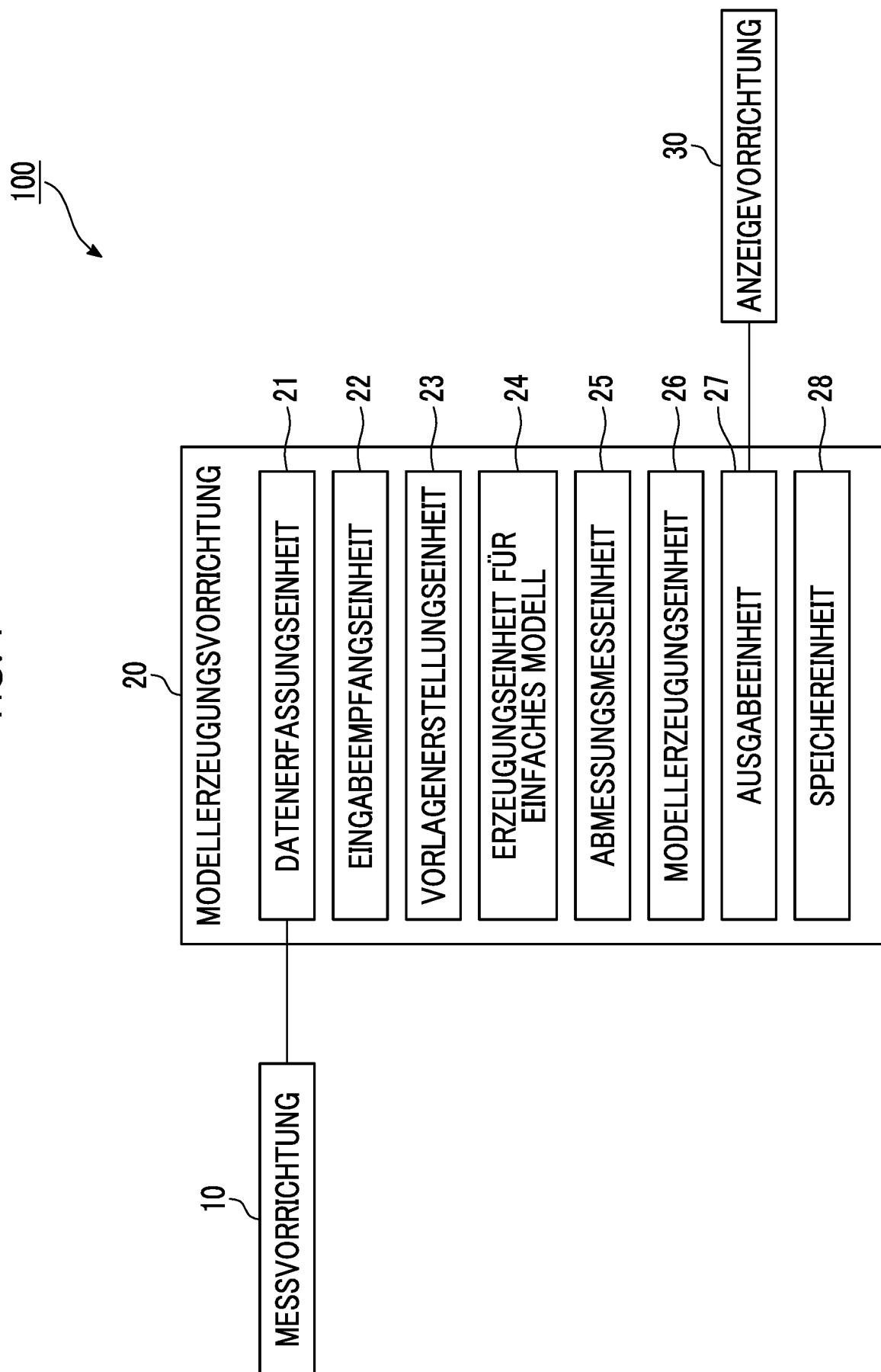


FIG. 2

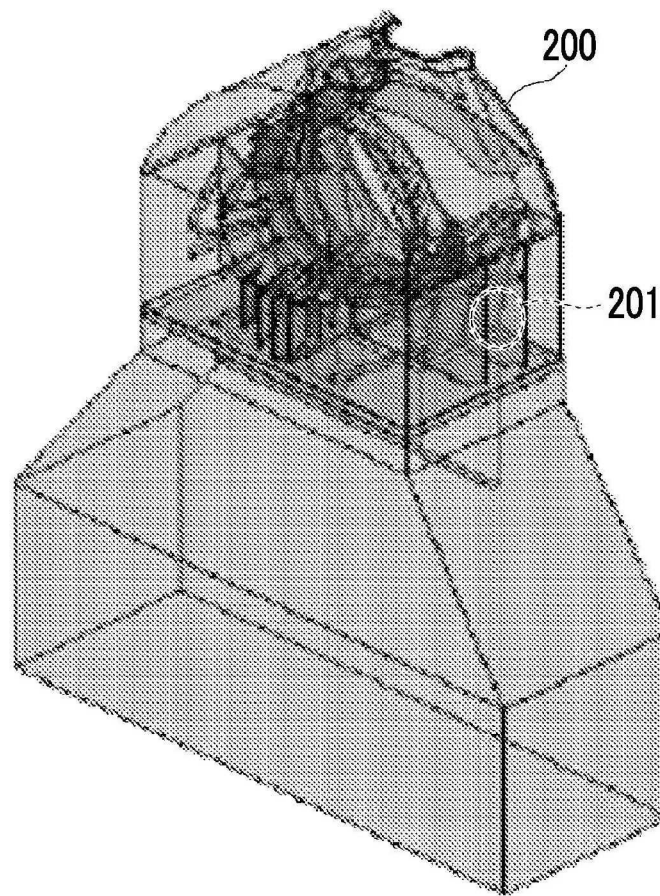


FIG. 3

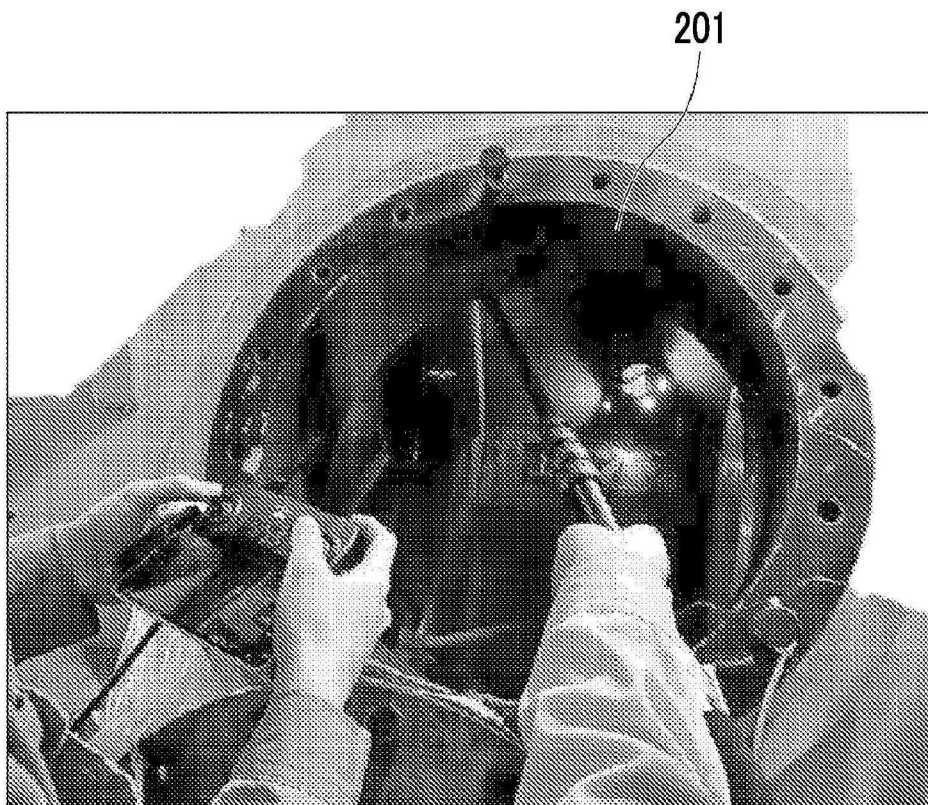


FIG. 4

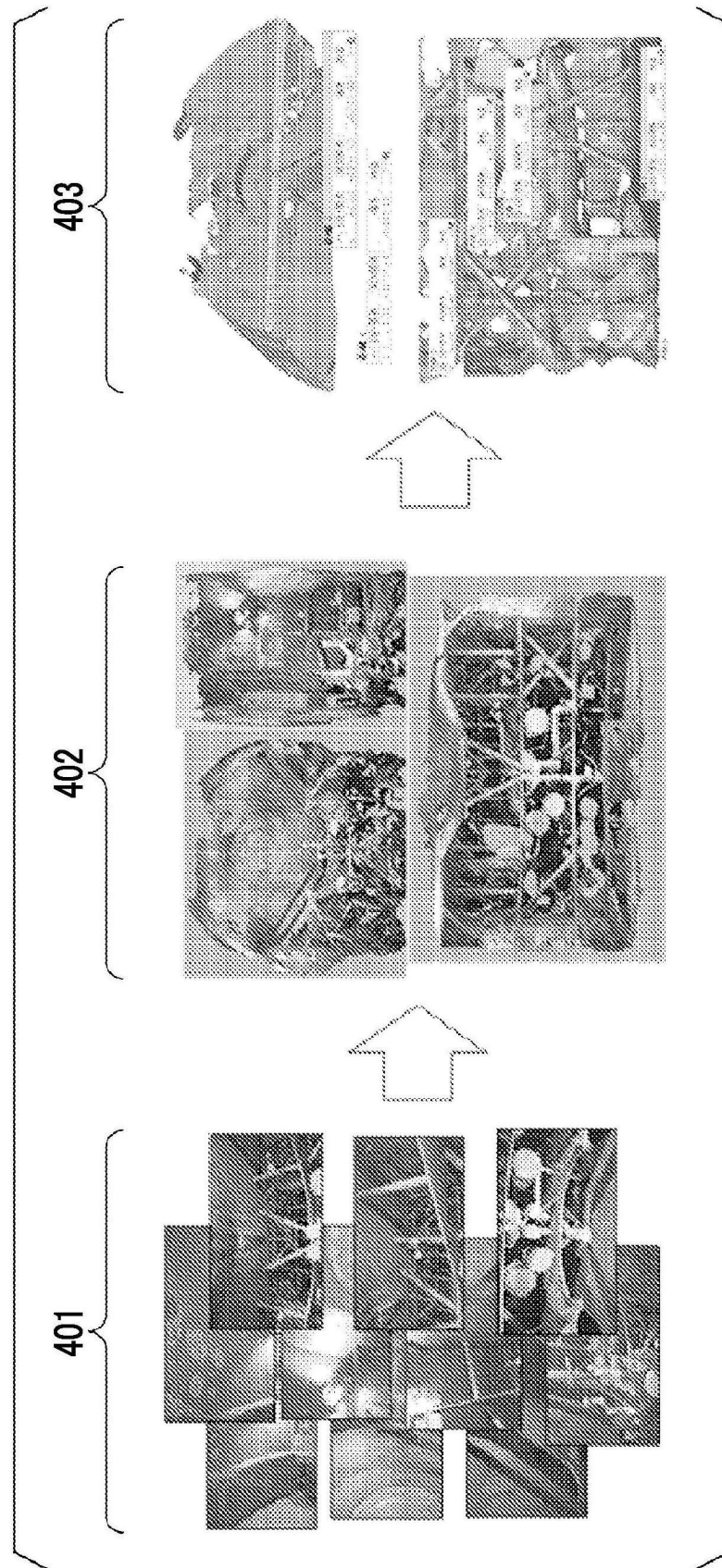


FIG. 5

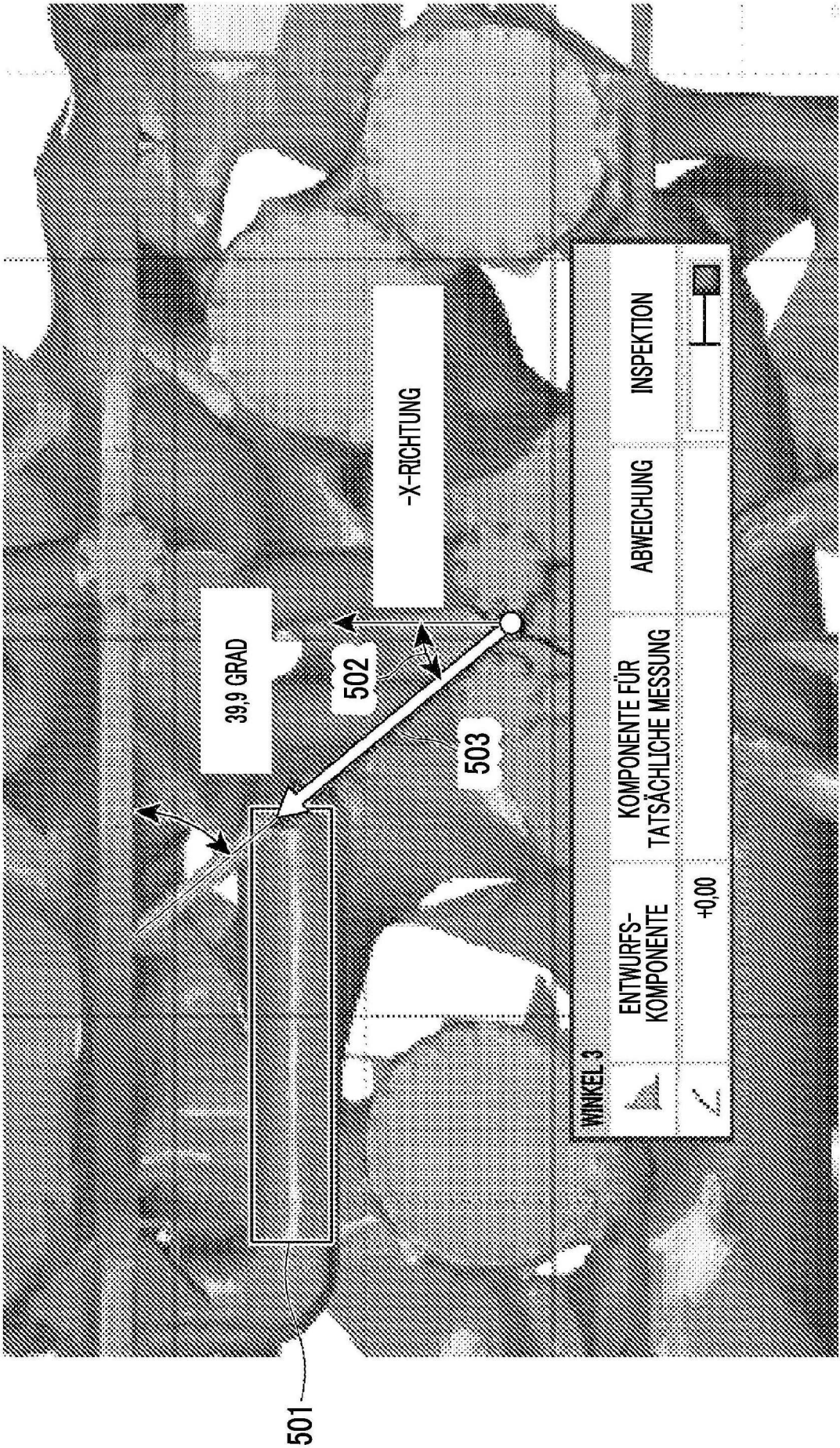


FIG. 6A

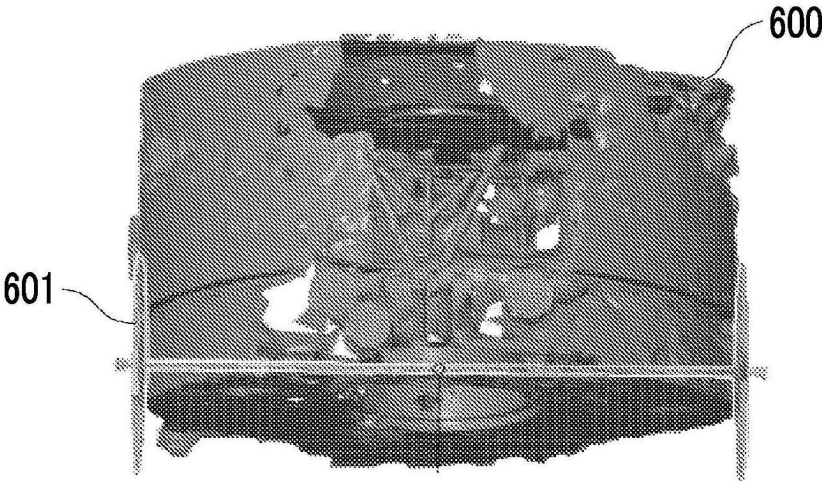


FIG. 6B

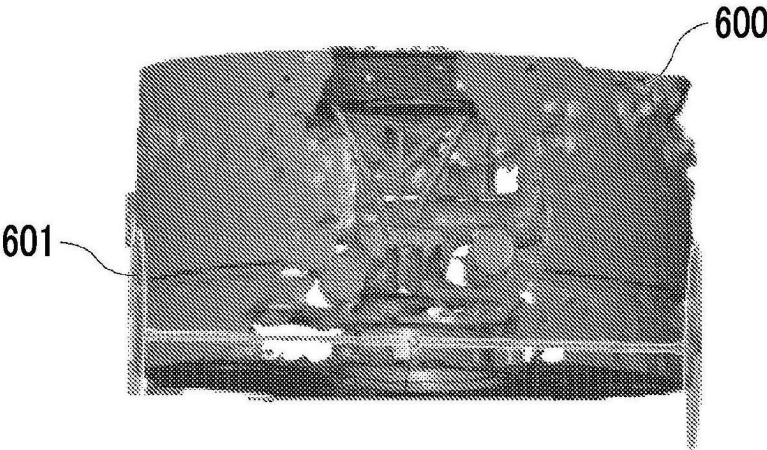


FIG. 6C

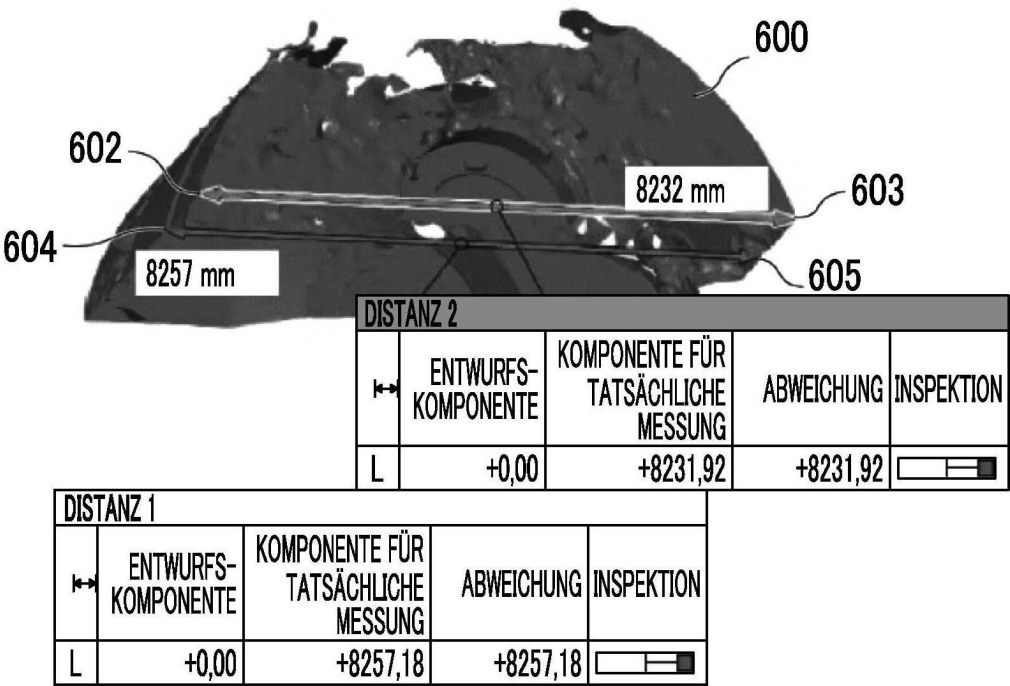


FIG. 6D
PUNKTE VON ECKEN
MANUELL AUSWÄHLEN

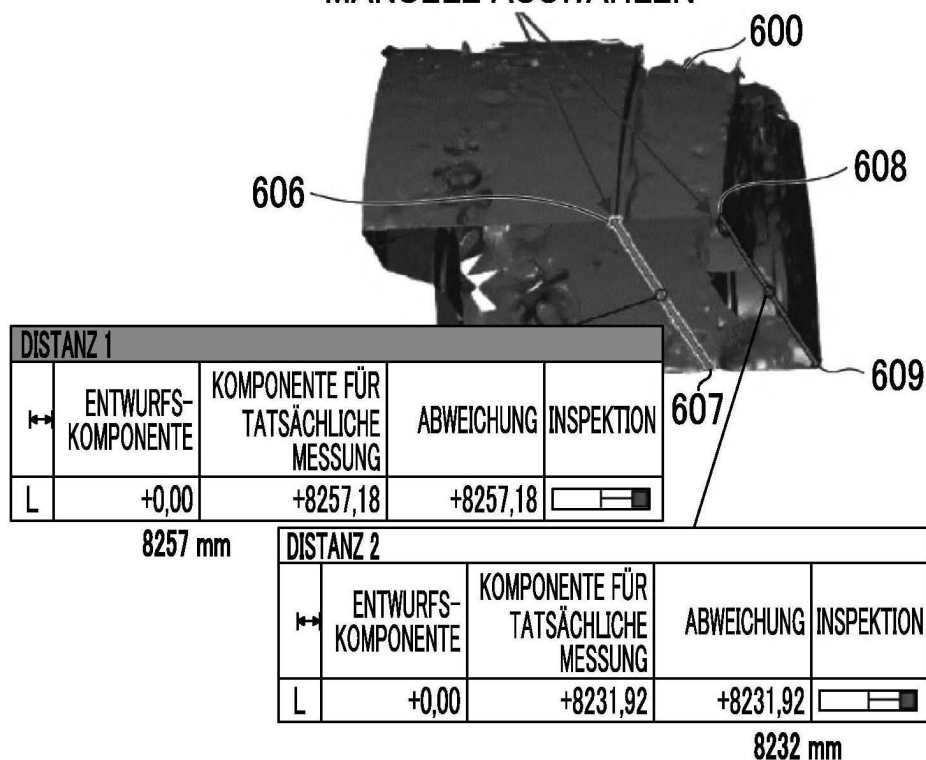


FIG. 7

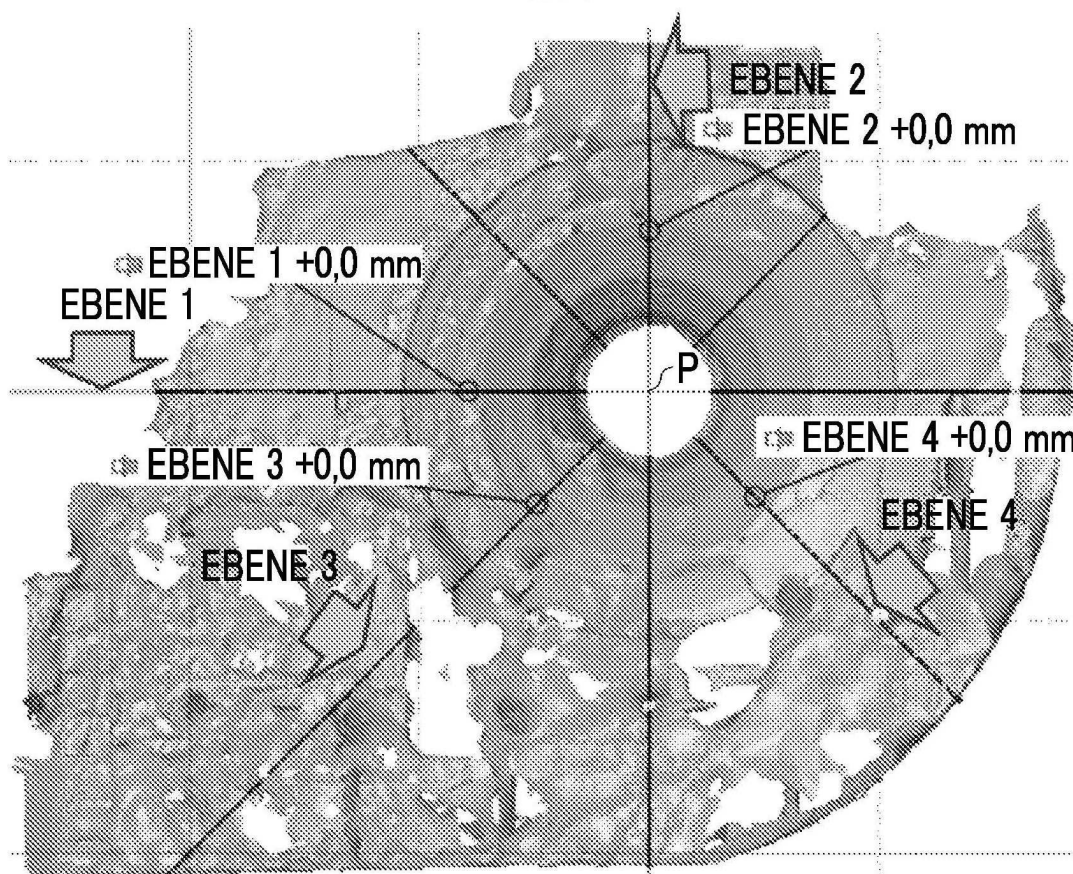


FIG. 8A

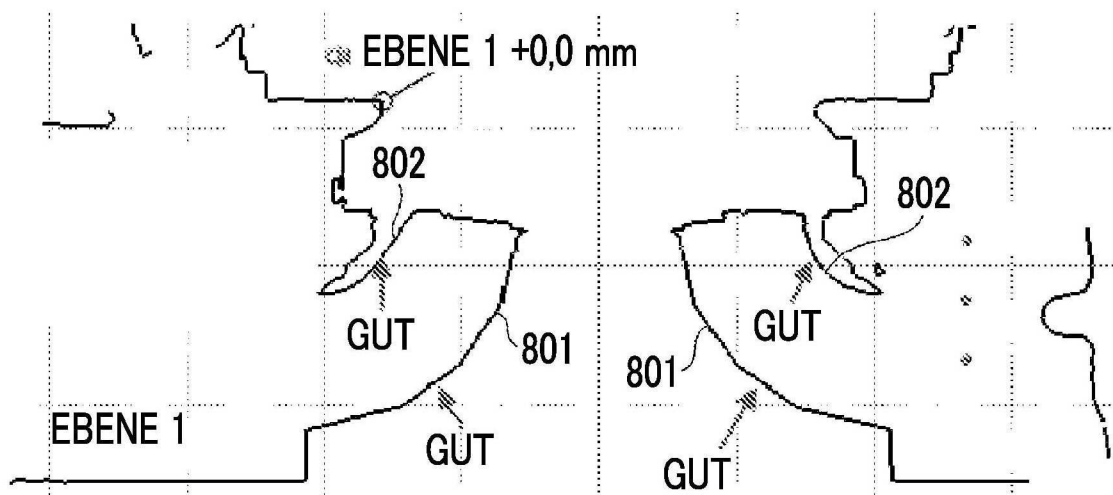


FIG. 8B

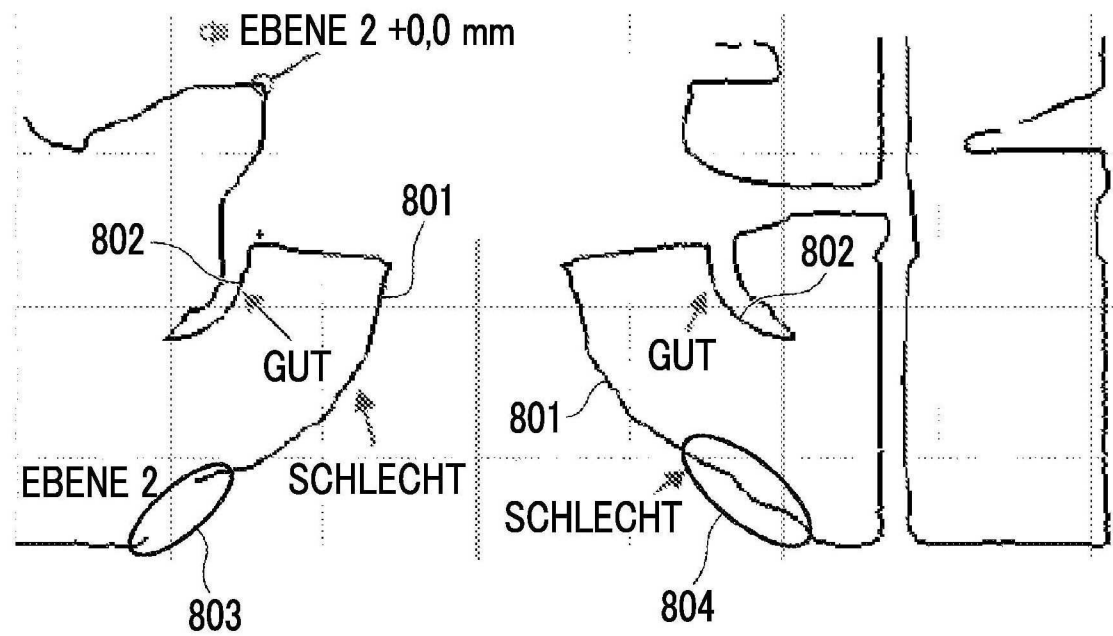


FIG. 9

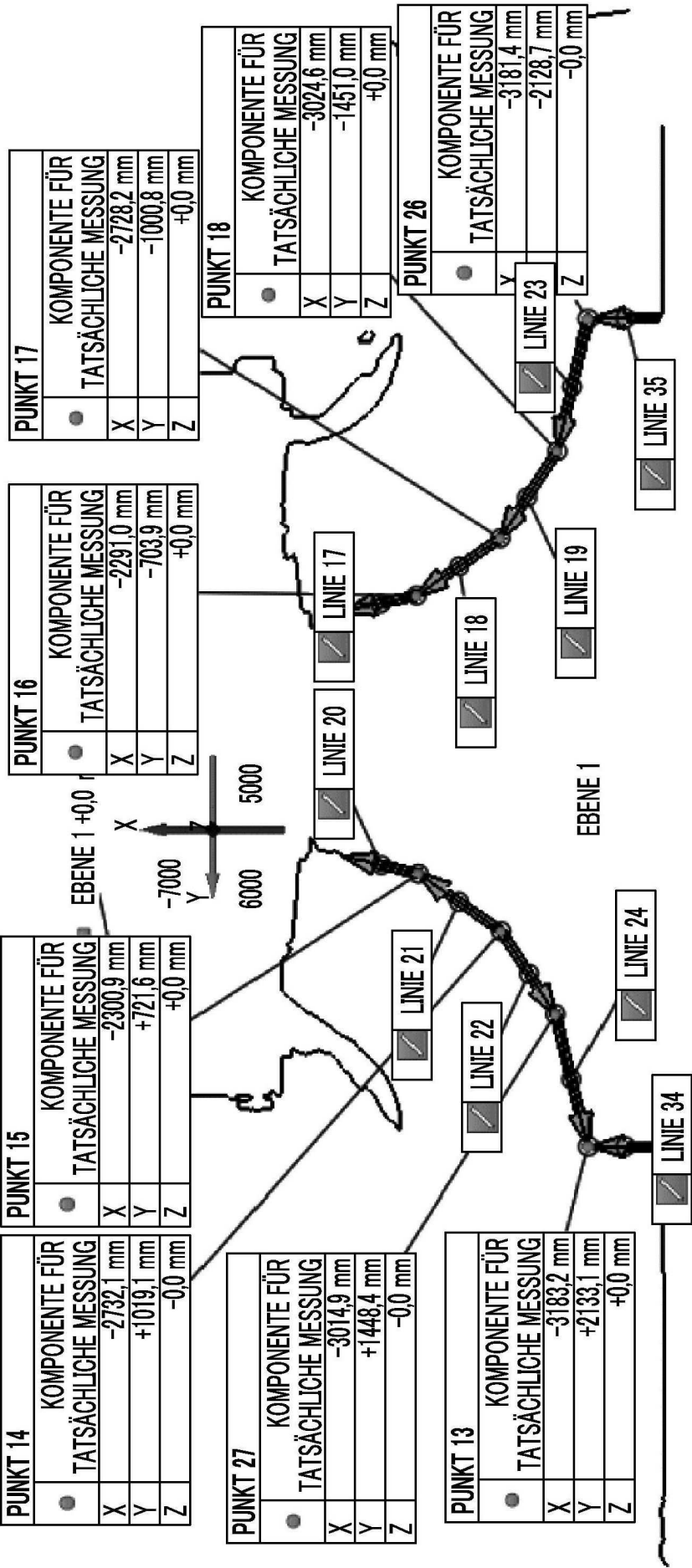


FIG. 10A

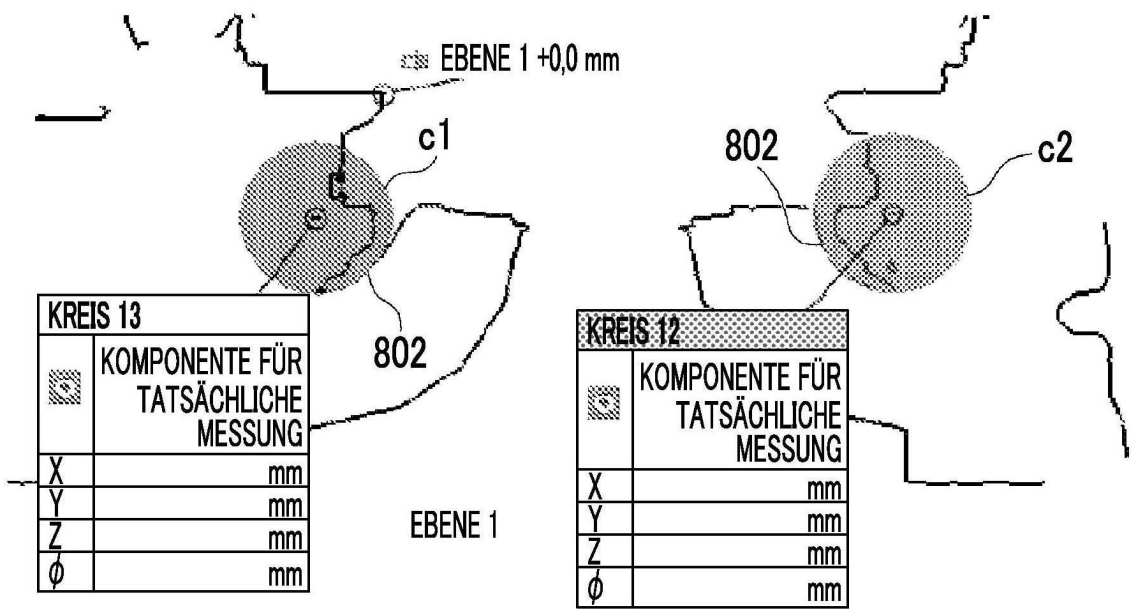


FIG. 10B

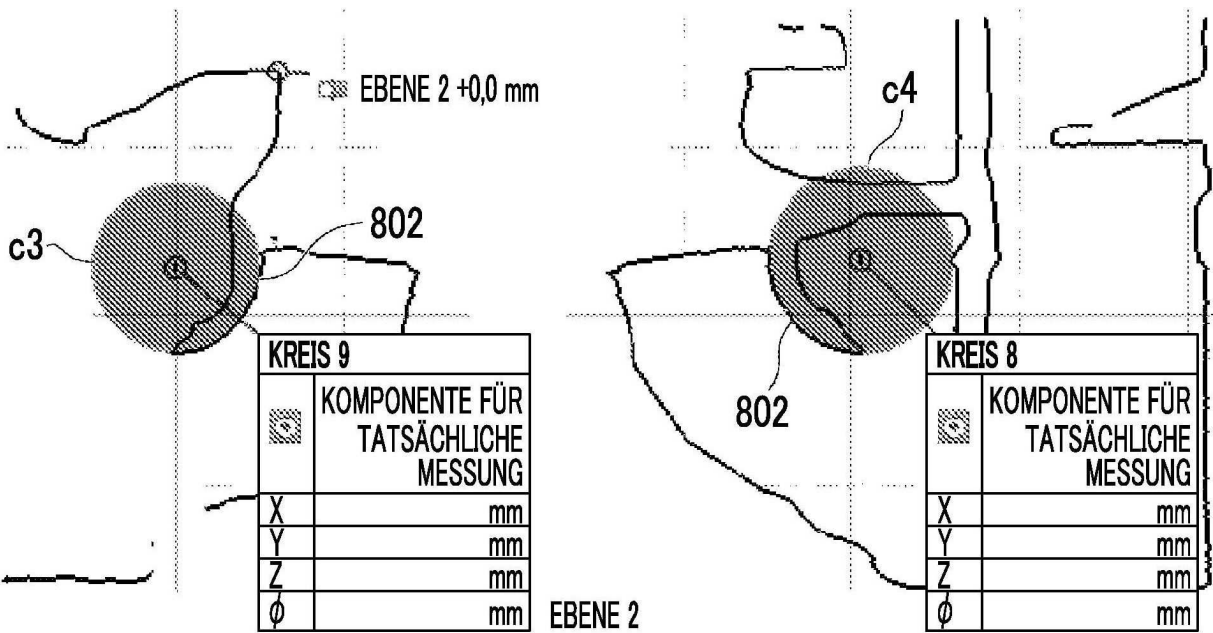


FIG. 11

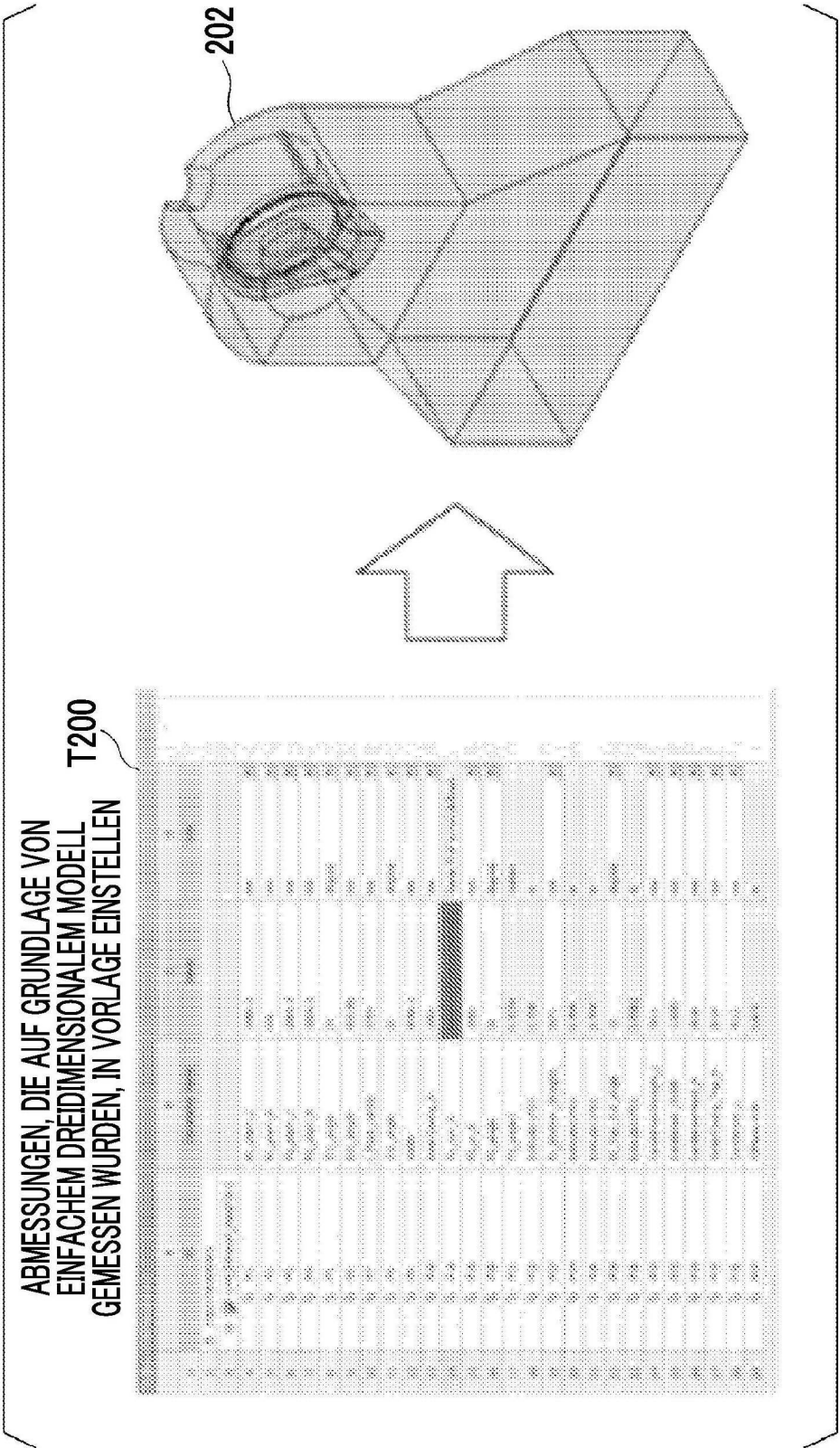


FIG. 12

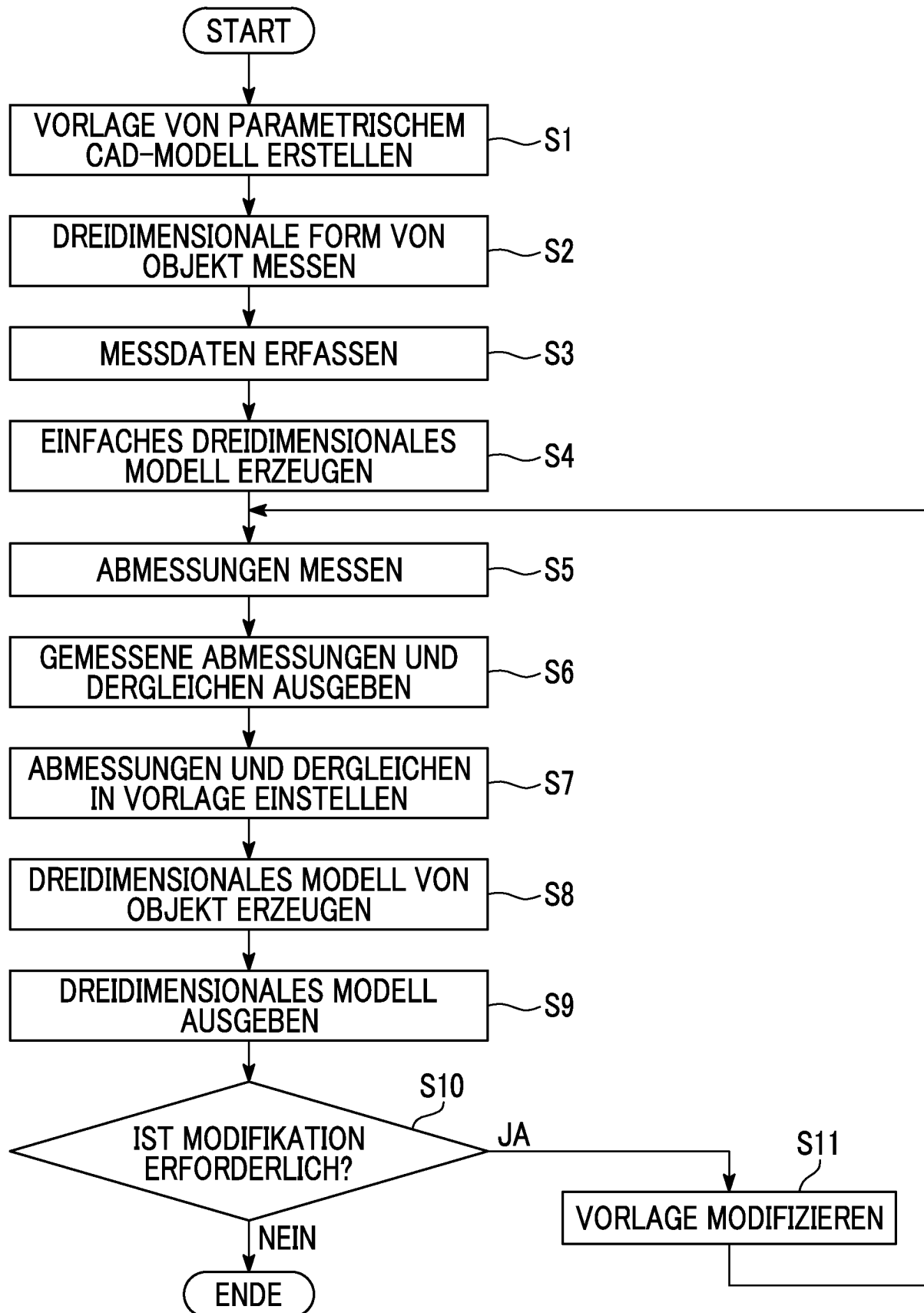


FIG. 13

