



(12)

## Patentschrift

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 11 2018 005 479.9  
 (86) PCT-Aktenzeichen: PCT/JP2018/036793  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2019/073852  
 (86) PCT-Anmeldetag: 02.10.2018  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: 18.04.2019  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: 16.07.2020  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: 18.06.2025

(51) Int Cl.: F23G 5/50 (2006.01)

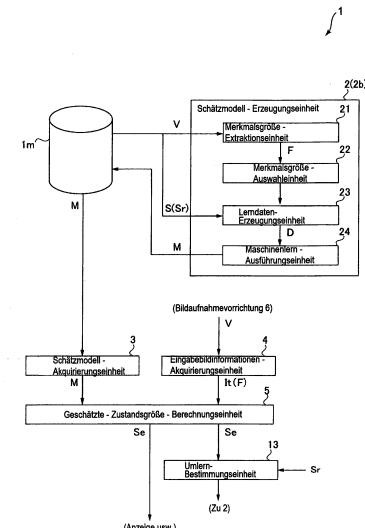
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

(30) Unionspriorität: <b>2017-199427</b>	<b>13.10.2017</b>	<b>JP</b>
(73) Patentinhaber: <b>Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP</b>		
(74) Vertreter: <b>Henkel &amp; Partner mbB Patentanwaltskanzlei, Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE</b>		

(72) Erfinder: <b>Iwashita, Nobuharu, Tokyo, JP; Sase, Ryo, Tokyo, JP; Shinkawa, Eriko, Tokyo, JP; Mine, Toshihiko, Tokyo, JP; Matsumoto, Takahiro, Tokyo, JP</b>
(56) Ermittelter Stand der Technik: <b>siehe Folgeseiten</b>

(54) Bezeichnung: **OFENZUSTANDSGRÖSSE-SCHÄTZVORRICHTUNG, SCHÄTZMODELL-ERZEUGUNGSVORRICHTUNG, UND PROGRAMM UND VERFAHREN DAFÜR**

(57) Hauptanspruch: Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1), aufweisend:  
 eine Merkmalsgröße-Extraktionseinheit (21), welche Merkmalsgrößen (F) aus einem aufgenommenen Bild (V) eines Ofens (7) extrahiert;  
 eine Merkmalsgröße-Auswahleinheit (22), welche eine oder mehrere der Merkmalsgrößen (F) aus den extrahierten Merkmalsgrößen (F) auswählt;  
 eine Lerndaten-Erzeugungseinheit (23), welche Lerndaten (D) erzeugt, indem die ausgewählten Merkmalsgrößen (F) mit einer Zustandsgröße (S) des Ofens (7) korrespondierend zu einem in dem Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden;  
 eine Schätzmodell-Erzeugungseinheit (2), welche ein Schätzmodell (M) zum Schätzen des Verbrennungszustands aus dem Bild (V) des Ofens (7) unter Verwendung der Lerndaten (D) erzeugt; und  
 eine Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit (5), welche das aufgenommene Bild (V) des Ofens (7) akquiriert, und dann die Zustandsgröße (S) korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells (M) schätzt,  
 wobei die Merkmalsgrößen (F) basierend auf einem Beitrag (C) zu der Zustandsgröße (S) ausgewählt werden, um ein Schätzziel darzustellen.



(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2018 005 479 B4 2025.06.18

(56) Ermittelter Stand der Technik:

CN	1 01 379 447	A
JP	H10 - 38 243	A
JP	H04 - 143 515	A
JP	2001 - 4 116	A

Maschinenübersetzung CN 1 01 379 447 A  
erstellt von DEPATIS am 30.10.2024

Maschinenübersetzung JP 2001 - 4 116 A  
erstellt von DEPATIS am 30.10.2024

Maschinenübersetzung JP H10 - 38 243 A  
erstellt von DEPATIS am 30.10.2024

## Beschreibung

### Technisches Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Technik zum Überwachen eines Verbrennungszustands basierend auf Bildinformationen, die durch Aufnehmen eines Ofens eines Verbrennungsofens erhalten werden.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Beispielsweise offenbaren die Patentschriften 1 und 2 jeweils ein Verfahren zum Bestimmen eines Verbrennungszustands basierend auf Bildinformationen eines Verbrennungsofens. Insbesondere offenbart die Patentschrift 1 ein Verfahren zum Erfassen eines abnormen Verbrennungszustands basierend auf einer Oberflächentemperaturverteilung einer Brennerflamme, die durch ein Verbrennungsbild (Bildinformationen) erhalten ist. Ferner offenbart die Patentschrift 2, dass in dem Verbrennungsofen ein Bild, welches mit einer Fernsehkamera (Bildaufnahmeverrichtung) gemacht wird, die in einem unmittelbar oberen Teil eines primären Verbrennungsgebiets installiert ist, einer Bildverarbeitung unterzogen wird, und eine Konzentrationsfluktuation von Kohlenstoffmonoxid in einem sekundären Verbrennungsgebiet durch eine Fuzzy-Inferenzeinrichtung basierend auf einer Helligkeitsänderungsgröße eines Bildes vorhergesagt wird, das durch die Bildverarbeitung erhalten ist. In dem primären Verbrennungsgebiet wird Brennstoff mit einer Flamme verbrannt. Außerdem liegt auch ein Verfahren zum Überwachen des Verbrennungszustands durch visuelle Beobachtung der Form einer Flamme aus einem durch eine TV-Kamera aufgenommenen Bild vor (s. Patentschrift 1).

**[0003]** Patentschrift 3 offenbart eine Steuervorrichtung, die ein Verfahren zum Erzeugen einer Modelleingabe erlernt, um einen Modellausgabe-Zielwert unter Verwendung eines Modells zu erreichen, das zum Simulieren der Eigenschaften eines gesteuerten Systems und zum Erzeugen eines Betriebssignals gemäß den Lernergebnissen verwendet wird. Das Messsignal des gesteuerten Systems bestimmt den Modellausgabe-Zielwert zum Erreichen des Betriebszielwerts. Die Steuervorrichtung umfasst ein Modell zum Vorhersagen des Werts eines Messsignals, das erzeugt wird, wenn ein Betriebssignal an ein gesteuertes System gegeben wird, eine Funktion zum Lernen eines Verfahrens zum Erzeugen einer Modelleingabe, damit die Modellausgabe einen Zielwert erreichen kann, eine Funktion zum Bestimmen eines Betriebssignals, das an das gesteuerte System gegeben wird, gemäß den Ergebnissen des Lernens, eine Datenbank zum Speichern des Grenzwerts eines voreingestellten Messsignals, eine externe Eingabeschnittstelle zum Erfassen des Messsignals

des gesteuerten Systems, eine Messsignaldatenbank zum Speichern des Werts des erfassten Signals und eine Funktion zum Bestimmen des Anfangswerts des Modellausgabe-Zielwerts unter Verwendung des Ergebnisses der Berechnung von mindestens einem Durchschnittswerts, des Maximalwerts und des Minimalwerts des gespeicherten Messsignals und des Grenzwerts des Messsignals.

**[0004]** Patentschrift 4 offenbart, dass bei einer Verbrennungsvorrichtung wie etwa einer Müllverbrennungsanlage die Beschaffenheit des Mülls je nach Jahreszeit schwankt, und es kommt vor, dass die Beurteilung des Verbrennungszustands, die von einem anfänglichen neuronalen Netzwerk durchgeführt werden soll, nicht mit dem tatsächlichen Verbrennungszustand übereinstimmt. Daher wird das Lernen des neuronalen Netzwerks durchgeführt, während die Verbrennungsvorrichtung betrieben wird, indem ein Teil der Lehrerdaten des anfänglichen neuronalen Netzwerks und die Betriebsdaten der Verbrennungsvorrichtung durch die Lehrerdaten ersetzt werden, die durch eine Online-Einbindung durch eine Online-Neuronale-Netzwerk-Erzeugungseinrichtung vorbereitet werden. D.h., das Online-Lernen des neuronalen Netzwerks wird durchgeführt und ein neues neuronales Netzwerk wird erzeugt.

### Patentliteratur

Patentschrift 1: JP H4-143515 A

Patentschrift 2: JP 2001-4116 A

Patentschrift 3: CN 101379447 A

Patentschrift 4: JP H10-38243 A

### Zusammenfassung der Erfindung

### Technisches Problem

**[0005]** Da die Patentschrift 1 die Oberflächentemperaturverteilung einer Flamme erhält, und somit erfordert, dass eine Flamme in den Bildinformationen angezeigt wird, ist es schwierig, die in der Patentschrift 1 offenbarte Technik auf eine Situation anzuwenden, in welcher eine Flamme in den Bildinformationen aufgrund von Einflüssen eines Abgases während der Verbrennung, einer Installationsposition einer Ofenkamera und dergleichen nicht angezeigt wird. Da andererseits die Patentschrift 2 eine Inferenz basierend auf der Helligkeitsänderungsgröße des durch die Bildverarbeitung erhaltenen Bildes macht, könnte eine Flamme in den Bildinformationen nicht angezeigt werden, sind Einschränkungen des Typs eines Verbrennungsofens, einer Anordnungsposition einer Kamera und dergleichen geringer, und somit wird angenommen, dass das in der Patentschrift 2 offenbarte Verfahren eher geeignet ist. Allerdings muss eine Regel zum Durchführen einer

Steuerung durch Fuzzy-Inferenz erzeugt werden, wie etwa ein Sammeln und ein Analysieren von Bestimmungsverfahren und dergleichen basierend auf Erfahrungen des Fachmanns. In erster Linie, da sich der Verbrennungszustand aufgrund verschiedener Faktoren, wie etwa des Typs von Verbrennungszielen (Brennstoffen) (Abfallstoff, Kohle und dergleichen), Verbrennungsumgebungen (Luftmenge, Ofentemperatur und dergleichen) und einer Brennerform ändert, ist es schwierig, den Verbrennungszustand in einer Situation in geeigneter Weise zu bestimmen, die der Fachmann noch nie erfahren hat, und es ist nicht möglich, die mögliche Existenz eines Bestimmungskriteriums zu leugnen, welches sogar durch den Fachmann nicht erkannt worden ist.

**[0006]** Es wird auch ein Verfahren zum Bestimmen des Verbrennungszustands betrachtet, indem beispielsweise Zustandsgrößen eines unverbrannten brennbaren Inhalts in Asche, eine NOx-Konzentration, eine CO-Konzentration und dergleichen während des Betriebs des Verbrennungsofens gemessen werden. Allerdings ist es in einem Fall, in welchem Zeit erforderlich ist, um die Zustandsgrößen (beispielsweise den unverbrannten brennbaren Inhalt in Asche) zu messen, schwierig, das Ergebnis einer Bestimmung des Verbrennungszustands, die basierend auf einem Messergebnis für eine Betriebssteuerung durchgeführt wird, in Echtzeit zu verwenden.

**[0007]** In Anbetracht des Vorstehenden besteht eine Aufgabe von zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darin, eine Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung bereitzustellen, welche eine Zustandsgröße schnell und genau schätzt, die einen Verbrennungszustand in einem Ofen basierend auf Ofenbildinformationen bestimmen kann.

### Lösung des Problems

**[0008]** (1) Eine Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst eine Merkmalsgröße-Extraktionseinheit, welche Merkmalsgrößen aus einem aufgenommenen Bild eines Ofens extrahiert; eine Merkmalsgröße-Auswahleinheit, welche eine oder mehrere der Merkmalsgrößen aus den extrahierten Merkmalsgrößen auswählt; eine Lerndaten-Erzeugungseinheit, welche Lerndaten erzeugt, indem die ausgewählten Merkmalsgrößen mit einer Zustandsgröße des Ofens korrespondierend zu einem in dem Bild angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden; eine Schätzmodell-Erzeugungseinheit, welche ein Schätzmodell zum Schätzen des Verbrennungszustands aus dem Bild des Ofens unter Verwendung der Lerndaten erzeugt; und eine Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit, welche das aufgenommene Bild des Ofens

akquiriert, und dann die Zustandsgröße korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells schätzt. Die Merkmalsgrößen werden basierend auf einem Beitrag zu der Zustandsgröße ausgewählt, um ein Schätzziel darzustellen.

**[0009]** Mit der vorstehenden Konfiguration (1), obwohl sich die Zustandsgröße, wie etwa ein unverbrannter brennbarer Inhalt in Asche, eine NOx-Konzentration, eine CO-Konzentration oder dergleichen gemäß dem Verbrennungszustand des Ofens ändert, kann die in dem Verbrennungszustand erzeugte Zustandsgröße (geschätzte Zustandsgröße) aus Bildinformationen, die durch Aufnehmen in dem Ofen während einer Verbrennung erhalten werden, unter Verwendung des durch Maschinenlernen der Lerndaten erzeugten Schätzmodells geschätzt werden, wobei die Bildinformationen in dem Ofen während der Verbrennung mit der Zustandsgröße (ein Messwert, ein Schätzwert oder dergleichen) assoziiert werden, wenn die Bildinformationen aufgenommen werden. Somit kann die Zustandsgröße aus den Ofenbildinformationen schnell und genau geschätzt werden.

**[0010]** (2) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (1) erzeugt die Schätzmodell-Erzeugungseinheit das Schätzmodell, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten ausgeführt wird.

**[0011]** Mit der vorstehenden Konfiguration (2) können die Lerndaten erzeugt werden, indem die Bildinformationen in dem Ofen während einer Verbrennung mit der Zustandsgröße assoziiert werden, wenn die Bildinformationen aufgenommen werden, und es kann das Schätzmodell erzeugt werden, indem ein Maschinenlernen aus den erzeugten Lerndaten ausgeführt wird.

**[0012]** (3) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (1) oder (2) stellt der Beitrag einen Indikator dar, der einen Betrag einer Korrelation zu der Zustandsgröße anzeigt.

**[0013]** Mit der vorstehenden Konfiguration (3) stellt der Beitrag den Indikator dar, der den Betrag der Korrelation zu der Zustandsgröße anzeigt, und es kann eine Differenz in dem Bild hervorgehoben werden, indem die Merkmalsgrößen basierend auf dem Beitrag ausgewählt werden.

**[0014]** (4) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (1) oder (3) berechnet die Merkmalsgröße-Auswahleinheit eine Regressionsgleichung zum Berechnen der Zustandsgröße aus jeder der Merkmalsgrößen, und stellt als den Beitrag ein Beitragsverhältnis von jeder der Merk-

merkmalsgrößen in der berechneten Regressionsgleichung ein.

**[0015]** Mit der vorstehenden Konfiguration (4) kann der Beitrag basierend auf dem Beitragsverhältnis von jeder der Merkmalsgrößen in der Regressionsgleichung eingestellt werden.

**[0016]** (5) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß einer der vorstehenden Konfigurationen (1) bis (4) extrahiert die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit die Merkmalsgrößen basierend auf Helligkeitsinformationen, die aus dem Bild in der Vergangenheit erhalten worden sind.

**[0017]** Mit der vorstehenden Konfiguration (5) stellen die Helligkeitsinformationen Informationen dar, die aus dem Bild erhalten worden sind, ohne eine Flamme selbst zu erfassen. Die Bildinformationen können erhalten werden, sogar in einem Fall, in welchem die Flamme aufgrund eines Abgases nicht aufgenommen werden kann, weil eine Bildaufnahmeverrichtung in dem oberen Teil des Ofens installiert ist. Somit kann die Bildaufnahmeverrichtung (Ofenkamera) zum Aufnehmen des Ofens leicht installiert werden.

**[0018]** (6) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß einer der vorstehenden Konfigurationen (1) bis (5) ist die Zustandsgröße eine Zustandsgröße hinsichtlich eines in dem Ofen während einer Verbrennung erzeugten Abfallstoffs oder eines Abgases; die Lerndaten-Erzeugungseinheit erzeugt die Lerndaten, indem ein Messwert mit den vergangenen Bildinformationen assoziiert wird, wobei der Messwert zu einem Messpunkt der Zustandsgröße nach einem Ablauf einer vorbestimmten Zeit von einem Zeitpunkt gemessen ist, wenn das Bild, das die Basis der vergangenen Bildinformationen darstellt, aufgenommen wird.

**[0019]** Mit der vorstehenden Konfiguration (6) werden die Lerndaten unter Berücksichtigung einer Zeitverzögerung erzeugt, bis der Abfallstoff oder das Abgas, welcher/welches in dem durch die vergangenen Bildinformationen angezeigten Verbrennungszustand erzeugt wird, den Messpunkt der Zustandsgröße erreicht. Eine solche Zeitverzögerung kann unübersehbar in Abhängigkeit von dem Typ eines Verbrennungsofens oder der Position des Messpunkts variieren. Somit kann ein Schätzmodell mit hoher Schätzgenauigkeit erzeugt werden, indem die Lerndaten unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung erzeugt werden.

**[0020]** (7) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (1) oder (6) erzeugt die Schätzmodell-Erzeugungseinheit eine Vielzahl von Schätzmodellen unter Verwendung einer Vielzahl von Maschinenlernverfahren.

**[0021]** Mit der vorstehenden Konfiguration (7) kann die Zustandsgröße durch jedes der Vielzahl von Schätzmodellen geschätzt werden, die jeweils basierend auf der Vielzahl von Maschinenlernverfahren (Algorithmen) erzeugt worden sind. Beispielsweise kann das Schätzmodell mit hoher Schätzgenauigkeit aus der Vielzahl von Schätzmodellen ausgewählt werden, indem ein Schätzergebnis durch jedes der Vielzahl von Maschinenlernverfahren mit der Zustandsgröße (wie etwa der Messwert), die die Lerndaten konfiguriert, verglichen wird, und es kann das Schätzmodell ausgewählt werden, das beispielsweise für Bedingungen (wie etwa eine Bildgröße und die Anzahl an Lerndaten) der Lerndaten oder dergleichen und den Typ eines Verbrennungsofens geeignet ist.

**[0022]** (8) In einigen Ausführungsbeispielen gemäß einer der vorstehenden Konfigurationen (1) bis (7) umfasst die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung ferner eine Umlern-Bestimmungseinheit, welche eine erneute Erzeugung des Schätzmodells durch Umlernen bestimmt, falls ein Differential zwischen der geschätzten Zustandsgröße und einem Messwert der Zustandsgröße einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet.

**[0023]** Mit der vorstehenden Konfiguration (8) wird bestimmt, dass eine erneute Erzeugung des Schätzmodells durch Umlernen erforderlich ist, falls eine Abnahme einer Schätzgenauigkeit gefunden ist. Falls das Schätzmodell durch Umlernen neu erzeugt wird und das neue Schätzmodell gemäß der Bestimmung erneut akquiriert wird, kann eine Schätzung mit einer geeigneten Schätzgenauigkeit fortgesetzt werden. Somit kann die Zustandsgröße aus den eingegebenen Bildinformationen genau geschätzt werden, während beispielsweise einer Änderung einer Betriebsumgebung des Verbrennungsofens gefolgt wird.

**[0024]** (9) Eine Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst eine Schätzmodell-Erzeugungseinheit, welche ein Maschinenlernen zum Lernen von Daten ausführt, wobei vergangene Bildinformationen mit einer Zustandsgröße assoziiert sind, und ein Schätzmodell zum Schätzen einer geschätzten Zustandsgröße aus eingegebenen Bildinformationen erzeugt, die durch Aufnehmen eines Ofens erhalten sind, wobei die vergangenen Bildinformationen eine Merkmalsgröße darstellen, die basierend auf einem aufgenommenen Bild des Ofens erhalten worden ist, und die basierend auf dem Bild in der Vergangenheit erhalten worden ist, wobei die Zustandsgröße zu einem in dem Bild in der Vergangenheit angezeigten Verbrennungszustand korrespondiert.

**[0025]** Mit der vorstehenden Konfiguration (9) können, ähnlich zu der vorstehenden Konfiguration (2), die Lerndaten erzeugt werden, indem die Bildinformationen in dem Ofen während der Verbrennung mit der Zustandsgröße assoziiert werden, wenn die Bildinformationen aufgenommen werden, und es kann das Schätzmodell erzeugt werden, indem ein Maschinenlernen aus den erzeugten Lerndaten ausgeführt wird. Mit dem Schätzmodell kann die Zustandsgröße aus den Bildinformationen (eingegangene Bildinformationen) in dem Ofen während der Verbrennung schnell geschätzt werden.

**[0026]** Zusätzlich kann mit der vorstehenden Konfiguration (9), da die Zustandsgröße aus den Bildinformationen (Eingabebildinformationen) in dem Ofen während der Verbrennung schnell geschätzt wird, ein optimaler Verbrennungszustand durch Echtzeitbetriebssteuerung aufrechterhalten werden, in welcher, falls die Zustandsgrößen, wie etwa der unverbrannte brennbare Inhalt in Asche, die NOx-Konzentration, die CO-Konzentration und dergleichen zunehmen; ein Benutzer wird über die Zunahme durch einen Alarm informiert, oder ein Betrieb zur Verringerung dieser Zustandsgrößen wird automatisch durchgeführt.

**[0027] (10)** Ein Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm zum Bewirken, dass ein Computer einen Merkmalsgröße-Extraktions schritt zum Extrahieren von Merkmalsgrößen aus einem aufgenommenen Bild eines Ofens, einen Merkmalsgröße-Auswahlschritt zum Auswählen einer oder mehrerer der Merkmalsgrößen aus den extrahierten Merkmalsgrößen, einen Lerndaten-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Lerndaten, indem die ausgewählten Merkmalsgrößen mit einer Zustandsgröße des Ofens korrespondierend zu einem in dem Bild angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden, einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt zum Erzeugen eines Schätzmodells zum Schätzen des Verbrennungszustands aus dem Bild des Ofens unter Verwendung der Lerndaten, und einen Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt zum Akquirieren des aufgenommenen Bildes des Ofens, und dann ein Schätzen der Zustandsgröße korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells durchführt.

**[0028]** Die Merkmalsgrößen werden basierend auf einem Beitrag zu der Zustandsgröße ausgewählt, um ein Schätzziel darzustellen.

**[0029]** Mit der vorstehenden Konfiguration (10) kann derselbe Effekt wie mit der vorstehenden Konfiguration (1) erzielt werden.

**[0030] (11)** In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (10) erzeugt der Schätzmodell-Erzeugungsschritt das Schätzmodell, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten ausgeführt wird.

**[0031]** Mit der vorstehenden Konfiguration (11) kann derselbe Effekt wie mit der vorstehenden Konfiguration (2) erzielt werden.

**[0032] (12)** Ein Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst einen Merkmalsgröße-Extraktionsschritt zum Extrahieren von Merkmalsgrößen aus einem aufgenommenen Bild eines Ofens; einen Merkmalsgröße-Auswahlschritt zum Auswählen einer oder mehrerer der Merkmalsgrößen aus den extrahierten Merkmalsgrößen; einen Lerndaten-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Lerndaten, indem die ausgewählten Merkmalsgrößen mit einer Zustandsgröße des Ofens korrespondierend zu einem in dem Bild angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden; einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt zum Erzeugen eines Schätzmodells zum Schätzen des Verbrennungszustands aus dem Bild des Ofens unter Verwendung der Lerndaten; und einen Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt zum Akquirieren des aufgenommenen Bildes des Ofens, und dann ein Schätzen der Zustandsgröße korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells.

**[0033]** Die Merkmalsgrößen werden basierend auf einem Beitrag zu der Zustandsgröße ausgewählt, um ein Schätzziel darzustellen.

**[0034]** Mit der vorstehenden Konfiguration (12) kann derselbe Effekt wie mit der vorstehenden Konfiguration (1) erzielt werden.

**[0035] (13)** In einigen Ausführungsbeispielen gemäß der vorstehenden Konfiguration (12) erzeugt der Schätzmodell-Erzeugungsschritt das Schätzmodell, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten ausgeführt wird.

**[0036]** Mit der vorstehenden Konfiguration (13) kann derselbe Effekt wie mit der vorstehenden Konfiguration (2) erzielt werden.

### Vorteilhafte Effekte

**[0037]** Gemäß zumindest einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung vorgesehen, welche eine Zustandsgröße schnell und genau schätzt, die einen Verbrennungszustand in einem Ofen basierend auf Ofenbildinformationen bestimmen kann.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm eines Verbrennungsofens mit einer installierten Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** ist ein funktionales Blockdiagramm der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das ein Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, das einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

**Fig. 5** ist ein Flussdiagramm, das einen Umlern-Bestimmungsschritt gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

## Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0038]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen detailliert beschrieben. Es ist allerdings beabsichtigt, dass, sofern nicht explizit identifiziert, Dimensionen, Materialien, Formen, relative Positionen und dergleichen von in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Komponenten lediglich als darstellend interpretiert werden sollen, und nicht beabsichtigen, den Umfang der vorliegenden Erfindung zu beschränken.

**[0039]** Beispielsweise soll ein Ausdruck einer relativen oder absoluten Anordnung, wie etwa „in einer Richtung“, „entlang einer Richtung“, „parallel“, „orthogonal“, „zentriert“, „konzentrisch“ und „koaxial“ nicht dahingehend ausgelegt werden, dass sie lediglich die Anordnung in einem streng wörtlichen Sinne anzeigen, sondern auch einen Zustand umfassen, in welchem die Anordnung um eine Abweichung, oder durch einen Winkel oder eine Entfernung relativ verschoben ist, wodurch dieselbe Funktion erzielt werden kann.

**[0040]** Beispielsweise soll ein Ausdruck eines gleichen Zustands, wie etwa „der-/die-/dasselbe“, „der-/die/das Gleiche“ und „gleichmäßig bzw. gleichförmig“ nicht dahingehend ausgelegt werden, dass sie lediglich den Zustand anzeigen, in welchem das Merkmal streng genommen gleich ist, sondern auch einen Zustand umfassen, in welchem eine Abweichung oder eine Differenz vorliegen kann, die immer noch dieselbe Funktion erzielen kann.

**[0041]** Ferner soll beispielsweise ein Ausdruck einer Form, wie etwa eine rechteckige Form oder eine zylindrische Form nicht als lediglich die geometrisch strenge Form ausgelegt werden, sondern auch eine Form mit einer Unebenheit oder abgeschrägten Ecken innerhalb des Bereichs umfassen, in welchem derselbe Effekt erzielt werden kann.

**[0042]** Andererseits beabsichtigt ein Ausdruck, wie etwa „aufweisen“, „umfassen“, „haben“, „enthalten“ und „bilden“ nicht, dass andere Komponenten nicht umfasst sind.

**[0043]** **Fig. 1** ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm eines Verbrennungsofens 7 mit einer installierten Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Verbrennungsofen 7 des in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiels ist ein Verbrenner eines Stoker-Typs, der kommunalen Abfall, industriellen Abfall oder dergleichen als Brennstoff Fg verwendet. Die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 schätzt beispielsweise eine Zustandsgröße S eines unverbrannten brennbaren Inhalts in Asche, einer NOx-Konzentration, einer CO-Konzentration oder dergleichen in dem Verbrenner. Die vorliegende Erfindung wird nachstehend beschrieben, indem ein Verbrenner mit einem Verbrennungsbereich 8 (Brennkammer), in welchem Abfall verbrannt wird, als ein Beispiel des Verbrennungsofens 7 angenommen wird. Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf das vorliegende Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. In einigen anderen Ausführungsbeispielen kann die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 konfiguriert sein, um die Zustandsgröße S zu schätzen, welche sich gemäß einem Verbrennungszustand in dem Verbrennungsofen 7, der die Brennkammer umfasst, in welcher der Brennstoff Fg verbrannt wird, ändert. Der Verbrennungsofen ist beispielsweise ein Vergasungsofen, in welchem Kohle in einem Kessel, IGCC, vergast wird. Der Verbrenner, der Kessel, der Vergasungsofen und dergleichen weisen gemeinsam einen oberen Teil 7c und Seitenwandteile 7s auf, die nachstehend beschrieben werden. In einem Fall, in welchem der Verbrennungsofen 7 der Kessel oder der Vergasungsofen ist, wird der nachstehend beschriebene Verbrennungsofen 7 mit dem Kessel oder dem Vergasungsofen nach Bedarf ersetzt.

**[0044]** Bei dem in **Fig. 1** gezeigten Verbrenner wird in dem Verbrennungsofen 7 der Brennstoff Fg in den Ofen aus einer Brennstoffzufuhröffnung 71 durch eine Brennstoffeingabevorrichtung 72 eingegeben und dann getrocknet, verbrannt, und auf einem Gitterrost 73 („Stoker“) in dem Verbrennungsgebiet 8 verbrannt, um in Asche (Verbrennungsasche) umgewandelt zu werden, und die Asche wird aus einer Ascheausstoßöffnung 74 aus dem Ofen ausgestoßen. Ferner umfasst der Verbrennungsofen 7 das

Verbrennungsgebiet 8, das durch ein primäres Verbrennungsgebiet 81 und ein sekundäres Verbrennungsgebiet 82 in dem Ofen gebildet ist. Das primäre Verbrennungsgebiet 81 ist aus einem Hauptverbrennungsgebiet 81a, in welchem der Brennstoff Fg mit einer Flamme auf dem Gitterrost 73 aktiv brennt, und einem brennenden Verbrennungsgebiet 82b gebildet, in welchem der Brennstoff Fg auf dem Gitterrost 73 brennt. Das sekundäre Verbrennungsgebiet 82 ist ein Gebiet, in welchem ein unverbrannter brennbarer Inhalt an Brennstoff über dem Gitterrost 73 verbrannt wird. Ein Brenngas G des Brennstoffs Fg wird in den Ofen durch Gaszuführleitungen 77 zugeführt. Das Brenngas G wird dem primären Verbrennungsgebiet 81 aus dem unteren Teil des Gitterrosts 73 über ein erstes Gasströmungsrate-Einstellungsventil 78a aus einer Gaszufuhrvorrichtung 76, wie etwa ein Gebläse, zugeführt, oder es wird dem sekundären Verbrennungsgebiet 82 von den Seitenteilen des Verbrennungsofens 7 über ein zweites Gasströmungsrate-Einstellungsventil 78b von der Gaszufuhrvorrichtung 76 zugeführt. Das repräsentative Beispiel des Brenngases G ist Luft. Allerdings kann das Brenngas G ein brennbares Gas sein, und es kann erzeugt werden, indem es beispielsweise mit einem EGR-Gas (Verbrennungsabgas), das aus dem primären Verbrennungsgebiet 81 ausgestoßen wird, durch ein vorbestimmtes Mischverhältnis gemischt wird. Andererseits wird ein durch Verbrennen des Brennstoffs Fg erzeugtes Abgas E aus einem Stapel 93 über eine Abgasverarbeitungsvorrichtung 92 durch einen Abgasdurchlass 91 ausgestoßen.

**[0045]** Außerdem ist, wie in **Fig. 1** gezeigt, in dem Verbrennungsofen 7 eine Bildaufnahmeverrichtung 6 zum Aufnehmen des Ofens installiert. Die Bildaufnahmeverrichtung 6 ist beispielsweise eine Ofenkamera, die zumindest eines von einem Bewegungsbild oder einem Standbild aufnehmen kann. Insbesondere kann die Bildaufnahmeverrichtung 6 beispielsweise eine Kamera, wie etwa eine Digitalkamera, eine Videokamera oder eine Infrarotkamera, sein, die eine bestimmte Wellenlänge erfassen kann. In dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Bildaufnahmeverrichtung 6 an dem oberen Teil 7c des Verbrennungsofens 7 installiert, der über (der unmittelbar obere Teil in **Fig. 1**) dem primären Verbrennungsgebiet 81 angeordnet ist, und sie ist konfiguriert, um einen Verbrennungszustand direkt darüber aufzunehmen. Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf das vorliegende Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. In einigen anderen Ausführungsbeispielen kann die Bildaufnahmeverrichtung 6 an einer Position installiert sein, die von dem oberen Teil 7c des Verbrennungsofens 7 verschieden ist, wie etwa jeder Seitenwandteil 7s des Verbrennungsofens 7. Beispielsweise ist die Bildaufnahmeverrichtung 6 in einem Abschnitt der Seitenwandteile 7s installiert, in welchem das sekundäre Verbrennungs-

gebiet 82 ausgebildet ist, oder in einem Abschnitt weiter über dem Abschnitt (ein Abschnitt näher an dem oberen Teil 7c), und sie kann schräg abwärts installiert sein, um einen unteren Abschnitt aufzunehmen, an welchem das primäre Verbrennungsgebiet 81 angeordnet ist. Die Bildaufnahmeverrichtung 6 nimmt somit ein Ofenbild V (Verbrennungsbild) auf, wenn der Brennstoff Fg verbrannt wird. Das Bild V wird in einer Speichervorrichtung gespeichert (akkumuliert), die mit der Bildaufnahmeverrichtung 6 verbunden ist. In dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Bild V konfiguriert, um in einer Speichervorrichtung 1m in der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 gespeichert zu werden. Allerdings kann das Bild V in einigen anderen Ausführungsbeispielen in beispielsweise einer Speichervorrichtung gespeichert werden, die als ein von der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 getrenntes Teil vorgesehen ist, wie etwa eine Speichervorrichtung einer nachstehend zu beschreibenden Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung 2b oder eine Speichervorrichtung einer anderen Vorrichtung.

**[0046]** Im Folgenden wird die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. **Fig. 2** ist ein funktionales Blockdiagramm der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Wie in **Fig. 2** gezeigt, umfasst die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 eine Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3, eine Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 und eine Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit 5. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 ferner eine Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2, und sie ist konfiguriert, um die Zustandsgröße S durch die vorstehend beschriebenen Funktionseinheiten (3 bis 5) unter Verwendung eines durch die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 erzeugten Schätzmodells M zu schätzen.

**[0047]** Es wird jede der vorstehend beschriebenen Funktionseinheiten beschrieben.

**[0048]** Die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 weist einen Computer auf, der eine CPU (Prozessor, nicht gezeigt) und die Speichervorrichtung 1m umfasst, die als beispielsweise eine externe Speichervorrichtung oder ein Speicher, wie etwa ein ROM oder ein RAM, dient. Dann wird die CPU gemäß einer Anweisung von einem Programm (Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm, Schätzmodell-Erzeugungsprogramm), das in einen Speicher (Hauptspeichervorrichtung) geladen ist, betrieben (beispielsweise berechnet sie die Daten), wodurch jede der vorstehend beschriebenen Funktionseinheiten der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 implementiert wird. Anders ausgedrückt, das vorstehend beschriebene Programm stellt Software dar,

um zu bewirken, dass der Computer jede der vorstehend beschriebenen Funktionseinheiten implementiert.

**[0049]** Die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 erzeugt das Schätzmodell M, indem ein Maschinenlernen von Lerndaten D ausgeführt wird, wobei vergangene Bildinformationen  $I_p$  mit der Zustandsgröße S korrespondierend zu einem in den vergangenen Bildinformationen  $I_p$  angezeigten Verbrennungszustand assoziiert sind. Die vergangenen Bildinformationen  $I_p$  stellen Bildinformationen I dar, die basierend auf dem aufgenommenen Bild V des Ofens des Verbrennungsofens 7 erhalten worden sind (nachstehend einfach als das Bild V bezeichnet), und basierend auf dem vergangenen Bild V erhalten worden sind. Die Lerndaten D sind durch eine Vielzahl von Daten (Lernkonfigurationsdaten) gebildet, wobei die vergangenen Bildinformationen  $I_p$  (Bildinformationen I), die basierend auf dem vergangenen Bild V erhalten worden sind, mit einem Schätzwert oder einem Messwert  $S_r$  der Zustandsgröße S assoziiert werden, wenn das vergangene Bild V aufgenommen wird. Die Bildinformationen I können das aufgenommene Bild V selbst des Ofens darstellen, oder sie können eine Merkmalsgröße F darstellen, die aus dem Bild V extrahierbar ist, wie nachstehend beschrieben wird. Außerdem kann das Bild V ein Standbild sein, oder es kann Rahmen (Bilder) darstellen, die ein Bewegungsbild konstruieren. Dann verwendet die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 zumindest ein bekanntes Maschinenlernverfahren (Algorithmus), um ein Maschinenlernen der Lerndaten D auszuführen, wodurch das Schätzmodell M zum Berechnen der Zustandsgröße S aus den Bildinformationen I erzeugt wird, und das erzeugte Schätzmodell M in der Speichervorrichtung 1m, wie etwa die externe Speichervorrichtung, gespeichert wird.

**[0050]** In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel werden alle Lernkonfigurationsdaten erzeugt, indem die Zustandsgröße S durch Entnahme des unverbrannten brennbaren Inhalts in Asche erhalten wird, während mit einer Aufnahmzeit des vergangenen Bildes V synchronisiert wird, oder die NOx-Konzentration, die CO- Konzentration oder dergleichen durch einen Sensor gemessen wird, und die erhaltene Zustandsgröße S mit den basierend auf dem vergangenen Bild V erhaltenen vergangenen Bildinformationen  $I_p$  assoziiert werden. Der Wert des unverbrannten brennbaren Inhalts in Asche ist ein Indikator einer Verbrennungseffizienz und kann durch ein Verfahren (JISM8815) zum Erhitzen von Asche, die an einem Ofenauslass mit einem Analyser entnommen worden ist, und zum Messen einer Gewichtsänderung zu diesem Zeitpunkt erhalten werden. Nachstehend wird eine Erzeugung des Schätzmodells M detailliert beschrieben.

**[0051]** Dann werden die Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3, die Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 und die Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit 5, die im Folgenden zu beschreiben sind, konfiguriert, um die Bildinformationen I (nachstehend zu beschreibende Eingabebildinformationen  $I_t$ ), welche dazu dienen, einen Schätzwert der Zustandsgröße S (geschätzte Zustandsgröße  $S_e$ ) zu erhalten, in das durch die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 erzeugte Schätzmodell M einzugeben, und die Zustandsgröße S korrespondierend zu den Eingabebildinformationen  $I_t$  zu schätzen.

**[0052]** Die Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3 akquiriert das durch die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 erzeugte Schätzmodell M. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel akquiriert die Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3 das Schätzmodell M, indem das in der externen Speichervorrichtung gespeicherte Schätzmodell M in den Speicher, wie etwa den RAM, geladen wird. Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf das vorliegende Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. In einigen anderen Ausführungsbeispielen kann die als ein getrenntes Teil von der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 bereitgestellte Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung 2b die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 (Schätzmodell-Erzeugungsprogramm) umfassen. In diesem Fall kann die Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3 der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 das durch die Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung 2b erzeugte Schätzmodell M über beispielsweise ein Kommunikationsnetzwerk oder ein tragbares Speichermedium, wie etwa ein USB-Speicher, akquirieren.

**[0053]** Die Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 akquiriert die Eingabebildinformationen  $I_t$ , welche die vorstehend beschriebenen Bildinformationen I darstellen und in das Schätzmodell M einzugeben sind. Die Eingabebildinformationen  $I_t$  müssen ähnlich zu den vergangenen Bildinformationen  $I_p$  sein. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 mit der in dem Verbrennungsofen 7 installierten Bildaufnahmeverrichtung 6 verbunden und empfängt das durch die Bildaufnahmeverrichtung 6 aufgenommene Bild in Echtzeit. Außerdem extrahiert die Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 die Merkmalsgröße F (nachstehend zu beschreiben) aus dem Bild V.

**[0054]** Die Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit 5 berechnet unter Verwendung des Schätzmodells M die geschätzte Zustandsgröße  $S_e$  korrespondierend zu dem Verbrennungszustand, welcher in den durch die Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 akquirierten Eingabebildinformationen  $I_t$  angezeigt ist. Anders ausgedrückt, die

Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit 5 berechnet die Eingabebildinformationen I<sub>t</sub> gemäß dem Schätzmodell M und gibt die geschätzte Zustandsgröße S<sub>e</sub> als ein Ergebnis der Berechnung aus. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel wird die geschätzte Zustandsgröße S<sub>e</sub> auf einer Anzeigevorrichtung, wie etwa einer Anzeige, angezeigt. In diesem Fall kann die Anzeigevorrichtung eine oder mehrere in der Vergangenheit berechnete und in der Speichervorrichtung 1m oder dergleichen gespeicherte geschätzte Zustandsgrößen S<sub>e</sub> zusammen mit der zu diesem Zeitpunkt berechneten geschätzten Zustandsgröße S<sub>e</sub> anzeigen. Somit kann die Zeitverschiebung der geschätzten Zustandsgrößen S<sub>e</sub> angezeigt werden. Folglich kann der Bediener oder dergleichen des Verbrennungsofens 7 die Zustandsgröße S korrespondierend zu dem in den Bildinformationen I angezeigten Verbrennungszustand quantitativ erfassen, indem die auf der Anzeige angezeigten geschätzten Zustandsgrößen S<sub>e</sub> überprüft werden.

**[0055]** Mit der vorstehenden Konfiguration kann, obwohl sich die Zustandsgröße S, wie etwa der unverbrannte brennbare Inhalt in Asche, die NOx-Konzentration, die CO-Konzentration oder dergleichen gemäß dem Verbrennungszustand des Ofens ändert, die Zustandsgröße S geschätzt werden (geschätzte Zustandsgröße S<sub>e</sub>), welche in dem Verbrennungszustand aus den Bildinformationen I erzeugt ist, die durch Aufnehmen in dem Ofen während der Verbrennung unter Verwendung des Schätzmodells M erhalten worden sind, das durch Maschinenlernen der Lerndaten D erzeugt ist, wobei die Bildinformationen I in dem Ofen während der Verbrennung mit der Zustandsgröße S (dem Messwert S<sub>r</sub>, dem Schätzwert oder dergleichen) assoziiert werden, wenn die Bildinformationen I aufgenommen werden. Somit kann die Zustandsgröße S aus den Ofenbildinformationen I schnell und genau geschätzt werden.

**[0056]** Im Folgenden werden einige Ausführungsbeispiele gemäß der Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 beschrieben.

**[0057]** In einigen Ausführungsbeispielen umfasst die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2, wie in **Fig. 2** gezeigt, eine Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21, eine Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 und eine Maschinenlern-Ausführungseinheit 24. Es wird jede der vorstehend beschriebenen Funktionseinheiten beschrieben.

**[0058]** Die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 extrahiert zumindest eine Merkmalsgröße F aus dem vergangenen Bild V. Die Merkmalsgröße F ist ein Indikator, der das Merkmal des Bildes V aufnehmen kann. Anders ausgedrückt, die Merkmalsgröße F ist ein Indikator, der eine Differenz von einem ande-

ren Bild V quantifizieren kann. Die Merkmalsgröße F kann beispielsweise Teile von Informationen bezüglich einer Form, einer Größe, einer Farbe, einer Kontrastdichte, einer Helligkeit, einer Temperatur (Temperaturverteilung), einer Wellenlänge (Wellenlängenverteilung) und dergleichen, die in dem Bild V auftreten, oder basierend auf dem Bild V erhalten werden, oder eine Änderungsgröße von zumindest einem Teil von Informationen dieser Teile von Informationen darstellen. In einem Fall, in welchem die Merkmalsgröße F die vorstehend beschriebene Änderungsgröße oder dergleichen darstellt, kann die Merkmalsgröße F ein Merkmal sein, das durch beispielsweise eine CHLAC-Merkmalgröße („cubic higher order local auto-correlation“-Merkmalsgröße), CNN („Convolution Neural Network“) oder AE („Auto-Encoder“) erhalten ist. Die CHLAC-Merkmalgröße hat den Vorteil, dass sie eine räumlichzeitliche Veränderung, die in dem gesamten Bild V auftritt, kompakt ausdrücken kann. Das CNN hat den Vorteil, dass es ein Merkmal des gesamten Bildes V effektiv verringern und akquirieren kann, indem das Merkmal durch eine Faltverarbeitung oder eine Pooling-Verarbeitung erhalten wird. Der AE hat den Vorteil, dass er das Merkmal des gesamten Bildes V effektiv verringern und akquirieren kann, indem das Merkmal während einer Kodierungsverarbeitung erhalten werden kann.

**[0059]** In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel extrahiert die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 die Merkmalsgrößen F basierend auf Helligkeitsinformationen, die aus dem vergangenen Bild V erhalten worden sind. Insbesondere können die basierend auf den Helligkeitsinformationen extrahierten Merkmalsgrößen F Werte einer Helligkeit (Helligkeitswerte) darstellen, die selbst aus dem Bild V erhalten worden sind, oder sie können einen statischen Wert, wie etwa einen Mittelwert, einen Spitzenwert oder dergleichen der Helligkeitswerte darstellen. Alternativ können die vorstehend beschriebenen Merkmalsgrößen F eines von dem Gebiet, der Form oder der Größe eines Abschnitts mit einer Helligkeit eines vorbestimmten Werts oder eines größeren darstellen. Alternativ können die vorstehend beschriebenen Merkmalsgrößen F Änderungsgrößen der Helligkeitswerte darstellen. Die Helligkeitsinformationen können Informationen umfassen, welche aus den Helligkeitswerten umgewandelt werden können, wie etwa die Temperatur oder die Temperaturverteilung, die durch Umwandeln der Helligkeitswerte erhalten worden sind. Die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 extrahiert eine oder die Vielzahl von Merkmalsgrößen F dieser Merkmalsgrößen F aus dem vergangenen Bild V. Die Helligkeitsinformationen sind Informationen, die aus dem Bild V erhalten worden sind, ohne eine Flamme selbst zu erfassen. Es ist möglich, die Bildinformationen I sogar in einem Fall zu erhalten, in welchem die Flamme nicht aufgrund des Abgases E aufgenom-

men werden kann, weil die Bildaufnahmeverrichtung 6 in dem oberen Teil des Ofens installiert ist. Somit kann auch die Bildaufnahmeverrichtung 6 (Ofenkamera) zum Aufnehmen des Ofens leicht installiert werden.

**[0060]** Die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 erzeugt die Lerndaten D, indem die Zustandsgröße S mit zumindest einer durch die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 extrahierten Merkmalsgröße F assoziiert wird. D.h., eine der Vielzahl von Merkmalsgrößen F, die jeweils aus der Vielzahl von vergangenen Bildern V extrahiert worden sind, korrespondiert zu den vorstehend beschriebenen vergangenen Bildinformationen Ip, die mit jeder der Zustandsgrößen S assoziiert sind. Die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 kann eine beliebige Vorverarbeitung, wie etwa eine Mittlungsverarbeitung oder dergleichen bezüglich der extrahierten Merkmalsgrößen F durchführen und die Zustandsgrößen S mit den vorverarbeiteten Merkmalsgrößen F assoziieren.

**[0061]** Die Maschinenlern-Ausführungseinheit 24 führt ein Maschinenlernen basierend auf den durch die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 erzeugten Lerndaten D aus. Die Maschinenlern-Ausführungseinheit 24 kann ein Maschinenlernen durch eines von bekannten Maschinenlernverfahren (Algorithmen), wie etwa ein neutrales Netzwerk und ein verallgemeinertes lineares Modell, ausführen.

**[0062]** Mit der vorstehenden Konfiguration werden die Lerndaten D, in welchen die Zustandsgröße S mit der Merkmalsgröße F des vergangenen Bildes V assoziiert sind, erzeugt, und es wird ein Maschinenlernen unter Verwendung der Lerndaten D ausgeführt. Indem somit ein Maschinenlernen unter Fokussierung auf die Beziehung zwischen der Merkmalsgröße F und der Zustandsgröße S ausgeführt wird, kann das Schätzmodell M mit hoher Schätzgenauigkeit erzeugt werden.

**[0063]** Außerdem kann, in einem Fall, in welchem die vorstehend beschriebene Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 die Vielzahl von Merkmalsgrößen F gemäß einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 2** gezeigt, extrahiert, die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 ferner eine Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 umfassen, welche aus der Vielzahl von durch die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 extrahierten Merkmalsgrößen F die N (N zeigt eine Ganzzahl nicht kleiner als eins an) Merkmalsgrößen F basierend auf Beiträgen C zu den Zustandsgrößen S auswählt. In diesem Fall erzeugt die vorstehend beschriebene Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 die Lerndaten D, indem die Zustandsgrößen S mit den N Merkmalsgrößen F, die durch die Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 ausgewählt worden sind, assoziiert werden. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel wählt die Merkmalsgröße-Auswahlein-

heit 22 die oberen N Merkmalsgrößen F mit den größten Beiträgen C basierend auf der voreingestellten Anzahl von N automatisch aus (grenzt sie ein). Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf das vorliegende Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. In einigen anderen Ausführungsbeispielen können die durch die Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 automatisch ausgewählten Merkmalsgrößen F und die Beiträge C angezeigt werden, um durch den Bediener oder dergleichen gesehen zu werden, wodurch bewirkt wird, dass der Bediener einen Auswahlbetrieb (auswählen, abwählen) durch beispielsweise Anklicken eines Markierungsfeldes durchführt. In diesem Fall wählt die Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 die Merkmalsgrößen F aus (akquiriert diese), indem das Ergebnis des Auswahlbetriebs durch den Bediener empfangen wird. In einigen anderen Ausführungsbeispielen kann die Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 die Merkmalsgrößen F auswählen, indem die Liste der Merkmalsgrößen F und ihre Beiträge C angezeigt werden, und die durch den Bediener durch den Auswahlbetrieb ausgewählten N Merkmalsgrößen F empfangen werden.

**[0064]** Die vorstehend beschriebenen Beiträge C bedeuten jeweils einen Indikator, der den Betrag einer Korrelation zu einer korrespondierenden der Zustandsgrößen S anzeigt. Demgemäß ändert sich die Zustandsgröße S signifikanter gemäß einer Änderung der Merkmalsgröße F, wenn die Merkmalsgröße F den größeren Beitrag C aufweist. Unter der Annahme, dass sich die Zustandsgröße S auch gemäß der Änderung in dem den Verbrennungszustand anzeigen Bild V (Merkmalsgröße F) ändert, kann davon ausgegangen werden, dass der Beitrag C einen Indikator darstellt, der anzeigt, ob die Merkmalsgröße F die Änderung der Zustandsgröße S erfassen kann. Demgemäß hebt die Merkmalsgröße F mit dem größeren Beitrag C eine Differenz in dem Bild V hervor.

**[0065]** In einigen Ausführungsbeispielen kann jeder der Beiträge C ein Beitragsverhältnis in einer Regressionsanalyse darstellen. Insbesondere ist dieselbe Zustandsgröße S korrespondierend zu dem einen vergangenen Bild V mit jeder der Vielzahl von (n) Merkmalsgrößen F, die aus dem Bild V extrahiert sind, assoziiert, wodurch eine Vielzahl von (n) Datensätzen erzeugt wird, welche lediglich in den Merkmalsgrößen F voneinander verschieden sind (die Aggregation der n Datensätze =  $\{(F_1, S_a), (F_2, S_a), \dots, (F_n, S_a)\}$ , wobei n eine Ganzzahl ist und  $S_a$  ein Wert der Zustandsgröße S, wie etwa der unverbrannte brennbare Inhalt in Asche, ist). Die Aggregation wird für alle der Vielzahl von Lernkonfigurationsdaten, die die Lerndaten D konfigurieren, erhalten. Dann wird die Regressionsanalyse bezüglich der aus der Vielzahl von Datensätzen mit derselben Merkmalsgröße F, wie etwa  $F_1$ , die aus der Vielzahl von Lernkonfigurationsdaten erhalten ist, gemachten

Aggregationen durchgeführt, wodurch eine Regressionsgleichung zum Berechnen der Zustandsgröße S aus der Merkmalsgröße F erhalten wird. Dann kann das Beitragsverhältnis der Regressionsgleichung berechnet werden, indem eine Varianz von einem vorhergesagten Wert der aus der Regressionsgleichung mit den vorstehend beschriebenen Datensätzen berechneten Zustandsgröße S durch eine Varianz eines tatsächlichen Werts geteilt wird.

**[0066]** In einem anderen Ausführungsbeispiel können die Beiträge C berechnet werden, indem aus der Vielzahl von Lernkonfigurationsdaten die Datensätze erhalten werden, die aus der Zustandsgröße S (tatsächlicher Wert) und der Vielzahl von Merkmalsgrößen F gemacht sind, die aus dem einen Teil von vergangenen Bildinformationen Ip extrahiert sind, durch eine multiple Regressionsanalyse, eine Regressionsgleichung ( $S = \sum (b_i \times F_i) + c$ ) erhalten wird, welche die Zustandsgröße S aus der Vielzahl von Merkmalsgrößen F ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , und  $n$  ist eine Ganzzahl nicht kleiner als zwei) erhält, und beispielsweise die Rate basierend auf dem Betrag eines Koeffizienten (Koeffizient  $b_i$ ) in der Regressionsgleichung berechnet wird.

**[0067]** Mit der vorstehenden Konfiguration kann die Schätzgenauigkeit der Zustandsgröße S durch das Schätzmodell M verbessert werden, indem die Merkmalsgrößen F basierend auf den Beiträgen C eingegrenzt werden.

**[0068]** Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel nicht beschränkt. In einigen anderen Ausführungsbeispielen muss die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 (Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2) die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21, die Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 und die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 nicht umfassen. In diesem Fall führt die Maschinenlern-Ausführungseinheit 24 ein Maschinenlernen unter Verwendung der Eingaberndaten D selbst aus, wenn die durch die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 erzeugten Lerndaten D in die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 eingegeben sind. In diesem Fall können die Lerndaten D durch eine andere als ein separates Teil von der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 vorgesehene Vorrichtung erzeugt oder manuell erzeugt werden.

**[0069]** Außerdem erzeugt die Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung 2 in einigen Ausführungsbeispielen die Vielzahl von Schätzmodellen M unter Verwendung einer Vielzahl von Maschinenlernverfahren. Die bekannten Maschinenlernverfahren (Algorithmen) können beliebig übernommen werden. Die Schätzmodelle M von beispielsweise dem neutralen Netzwerk, dem verallgemeinerten linearen Modell und dergleichen können jeweils erzeugt werden.

**[0070]** Mit der vorstehenden Konfiguration kann die Zustandsgröße S durch jedes der Vielzahl von Schätzmodellen M geschätzt werden, die jeweils basierend auf der Vielzahl von Maschinenlernverfahren (Algorithmen) erzeugt sind. Beispielsweise kann das Schätzmodell M mit hoher Schätzgenauigkeit aus der Vielzahl von Schätzmodellen M ausgewählt werden, indem ein Schätzergebnis durch jedes der Vielzahl von Maschinenlernverfahren mit der Zustandsgröße S (wie etwa der Messwert Sr), die die Lerndaten D konfiguriert, verglichen wird, und es kann das Schätzmodell M ausgewählt werden, das beispielsweise für Bedingungen (wie etwa eine Bildgröße und die Anzahl an Lerndaten) der Lerndaten D oder dergleichen und den Typ eines Verbrennungsofens 7 geeignet ist.

**[0071]** Im Folgenden werden einige Ausführungsbeispiele gemäß einer Erzeugung der Lerndaten D (Lerndaten-Erzeugungseinheit 23) beschrieben.

**[0072]** In einem Fall, in welchem die vorstehend beschriebene Zustandsgröße S die Zustandsgröße S hinsichtlich des in dem Ofen während einer Verbrennung erzeugten Abgases E oder eines Abfallstoffs, wie etwa eine in dem Abgas E enthaltene Verbrennungsasche, darstellt, erzeugt die vorstehend beschriebene Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 in einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 2** gezeigt, die Lerndaten D, indem der Messwert Sr mit den vorstehend beschriebenen vergangenen Bildinformationen Ip assoziiert werden. Der Messwert Sr wird zu einem Messpunkt der Zustandsgröße S nach einem Ablauf einer vorbestimmten Zeit von einem Zeitpunkt gemessen, wenn das Bild V, das die Basis der vergangenen Bildinformationen Ip darstellen soll, aufgenommen wird. Das durch Verbrennen des Brennstoffs Fg erzeugte Abgas E strömt von dem Verbrennungsgebiet 8 zu dem Abgasdurchlass 91 (s. **Fig. 1**). Falls allerdings eine Entfernung von einem Bildaufnahmepunkt (Position), der in dem Bild V angezeigt ist, zu dem Messpunkt der Zustandsgröße S groß ist, dann liegt eine Zeitverzögerung (vorbestimmte Zeit) vor, bis das Abgas E, welches in dem Verbrennungszustand erzeugt ist, der in dem Bild V angezeigt ist, den Messpunkt der Zustandsgröße S erreicht. Somit wird das Bild V mit dem Messwert Sr der Zustandsgröße S unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung assoziiert. Beispielsweise ist eine Zeitverzögerung in dem Verbrenner größer als eine Zeitverzögerung in einem Befeuerungskessel einer pulverisierten Kohle, welcher den Brennstoff Fg in kleine Teilchen pulverisiert und ihn verbrennt.

**[0073]** Beispielsweise kann die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 eine Steuerung durchführen, um die Zustandsgröße S, wie etwa die NOx-Konzentration oder die CO-Konzentration, nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeit von der Aufnahmezeit des Bildes

V zu messen, und das Bild V mit dem Messwert Sr der Zustandsgröße S assoziieren. In dem Fall des unverbrannten brennbaren Inhalts in Asche kann die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 eine Entnahme nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeit von der Aufnahmezeit des Bildes V durchführen, und dann das Bild V mit einem Analyseergebnis (Messwert Sr) der Entnahme assoziieren. Alternativ kann sich die Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 auf Zeitinformationen beziehen, wie etwa eine Aufnahmezeit der Bilder V und eine Messzeit von jeder der Zustandsgrößen S von dem Satz der Bilder V und dem Satz der Messwerte Sr der Zustandsgrößen S, welche bereits gespeichert worden sind, nach dem Messwert Sr mit einer Messzeit suchen, welche mit einer Zeit nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeit übereinstimmt, die im Voraus aus der Aufnahmezeit des Bildes V überprüft worden ist, und die Bilder V mit den gesuchten Messwerten Sr assoziieren.

**[0074]** Mit der vorstehenden Konfiguration werden die Lerndaten D unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung erzeugt, bis das Abgas E, welches in dem durch die vergangenen Bildinformationen Ip angezeigten Verbrennungszustand erzeugt ist, den Messpunkt der Zustandsgröße S erreicht. Eine solche Zeitverzögerung kann unzweifelhaft in Abhängigkeit von dem Typ eines Verbrennungsofens oder der Position des Messpunkts variieren. Somit kann das Schätzmodell M mit hoher Schätzgenauigkeit erzeugt werden, indem die Lerndaten D unter Berücksichtigung der Zeitverzögerung erzeugt werden.

**[0075]** Außerdem kann die vorstehend beschriebene Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 in einigen Ausführungsbeispielen die Lerndaten D gemäß einem Parameter hinsichtlich einer Erzeugung der im Voraus eingestellten Lerndaten D erzeugen. Insbesondere kann der Parameter zumindest eines von der Anzahl an Bildpunkten (Bildgröße), die die Bildqualität beeinflussen, der Anzahl an Lernkonfigurationsdaten, die in den Lerndaten D enthalten sein sollen, Inhalten einer Vorverarbeitung für das Bild V oder dergleichen darstellen. Es ist möglich, eine Schätzgenauigkeit durch das Schätzmodell M in geeigneter Weise einzustellen, indem der Parameter eingestellt wird.

**[0076]** Außerdem umfasst die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 in einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 2** gezeigt, ferner eine Umlern-Bestimmungseinheit 13, welche eine erneute Erzeugung des Schätzmodells M durch Umlernen bestimmt, falls ein Differential zwischen der geschätzten Zustandsgröße Se und dem Messwert Sr der Zustandsgröße S einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Der Messwert Sr der Zustandsgröße S, die für eine Bestimmung eines Umlernens verwendet wird, wird zu einem beliebigen Zeitpunkt

gemessen, wie etwa einer periodischen Zeitsteuerung, welche länger als ein Schätzintervall der Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 ist. Dann berechnet die Umlern-Bestimmungseinheit 13 das Differential zwischen der geschätzten Zustandsgröße Se und dem Messwert Sr der Zustandsgröße S, wenn der Messwert Sr der Zustandsgröße S in die Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 eingegeben wird, und bestimmt die Notwendigkeit eines Umlernens basierend auf dem Schwellenwert. Beispielsweise kann das vorstehend beschriebene Differential ein Absolutwert eines Ergebnisses einer Teilung der geschätzten Zustandsgröße Se durch den Messwert Sr der Zustandsgröße S darstellen. Es kann irgendein Berechnungsverfahren verwendet werden, solange es möglich ist, das Differential zu berechnen. In dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 über die Bestimmung benachrichtigt, falls die Umlern-Bestimmungseinheit 13 ein Umlernen bestimmt. Getriggert durch die Benachrichtigung, erzeugt die Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 das Schätzmodell M erneut.

**[0077]** Mit der vorstehenden Konfiguration wird bestimmt, dass eine erneute Erzeugung des Schätzmodells M durch ein Umlernen erforderlich ist, falls eine Abnahme der Bestimmungsgenauigkeit erfasst worden ist. Falls das Schätzmodell M durch Umlernen neu erzeugt wird, und das neue Schätzmodell M gemäß der Bestimmung erneut akquiriert wird, kann eine Schätzung mit einer geeigneten Schätzgenauigkeit fortgesetzt werden. Somit kann die Zustandsgröße S aus den Eingabebildinformationen It genau geschätzt werden, während beispielsweise einer Änderung einer Betriebsumgebung des Verbrennungsofens gefolgt wird.

**[0078]** Es wird ein Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren korrespondierend zu einem durch die vorstehend beschriebene Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung 1 ausgeführten Prozess (Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm) nachstehend mit Bezug auf **Fig. 3** bis 5 beschrieben. **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das das Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. **Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, das einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Außerdem ist **Fig. 5** ein Flussdiagramm, das einen Umlern-Bestimmungsschritt gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Das Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm bewirkt, dass der Computer die nachstehend beschriebenen jeweiligen Schritte durchführt.

**[0079]** In einigen Ausführungsbeispielen umfasst das Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren, wie in **Fig. 3** gezeigt, einen Schätzmodell-Akquirierungs-

schrift (S2), einen Eingabebildinformationen-Akquirierungsschritt (S3) und einen Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt (S4). In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst das Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren gemäß einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 3** gezeigt, einen vor dem vorstehend beschriebenen Schätzmodell-Akquirierungsschritt (S2) durchgeführten Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1).

**[0080]** Das in **Fig. 3** gezeigte Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren wird in der Reihenfolge von Schritten in **Fig. 3** beschrieben.

**[0081]** In Schritt S1 von **Fig. 3** wird der Schätzmodell-Erzeugungsschritt durchgeführt. Der Schätzmodell-Erzeugungsschritt ist ein Schritt zum Erzeugen des vorstehend beschriebenen Schätzmodells M, indem ein Maschinenlernen der vorstehend beschriebenen Lerndaten D ausgeführt wird. Der Schätzmodell-Erzeugungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Schätzmodell-Erzeugungseinheit 2 durchgeführten Verarbeitungsinhalten. Die Details werden nachstehend beschrieben. Ein Programm (Schätzmodell-Erzeugungsprogramm), welches von dem Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm verschieden ist, kann bewirken, dass der Computer den Schätzmodell-Erzeugungsschritt durchführt.

**[0082]** In Schritt S2 wird der Schätzmodell-Akquirierungsschritt durchgeführt. Der Schätzmodell-Akquirierungsschritt ist ein Schritt zum Akquirieren des vorstehend beschriebenen Schätzmodells M. Der Schätzmodell-Akquirierungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Schätzmodell-Akquirierungseinheit 3 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0083]** In Schritt S3 wird der Eingabebildinformationen-Akquirierungsschritt durchgeführt. Der Eingabebildinformationen-Akquirierungsschritt ist ein Schritt zum Akquirieren der vorstehend beschriebenen Eingabebildinformationen It. Der Eingabebildinformationen-Akquirierungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit 4 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0084]** In Schritt S4 wird der Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt durchgeführt. Der Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt ist ein Schritt zum Berechnen, unter Verwendung des durch den Schätzmodell-Akquirierungsschritt (S2) akquirierten Schätzmodells M, der geschätzten Zustandsgröße Se korrespondierend zu dem Verbrennungszustand, welcher in den durch den vorstehend beschriebenen Eingabebildinformationen-

Akquirierungsschritt (S3) akquirierten Eingabebildinformationen It angezeigt wird. Der Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit 5 durchgeföhrten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0085]** Mit der vorstehenden Konfiguration kann die Zustandsgröße S aus den Ofenbildinformationen I schnell und genau geschätzt werden.

**[0086]** In einigen Ausführungsbeispielen umfasst der Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1), wie in **Fig. 4** gezeigt, einen Merkmalsgröße-Extraktionschritt (S11), einen Lerndaten-Erzeugungsschritt (S13) und einen Maschinenlern-Ausführungsschritt (S14). In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel gemäß einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 4** gezeigt, umfasst der Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1) ferner einen zwischen dem Merkmalsgröße-Extraktionsschritt (S11) und dem Lerndaten-Erzeugungsschritt (S13) durchgeführten Merkmalsgröße-Auswahlschritt (S12).

**[0087]** Der in **Fig. 4** gezeigte Schätzmodell-Erzeugungsschritt (S1) wird in der Reihenfolge der Schritte in **Fig. 4** beschrieben.

**[0088]** In Schritt S11 von **Fig. 4** wird der Merkmalsgröße-Extraktionsschritt (S11) durchgeführt. Der Merkmalsgröße-Extraktionsschritt ist ein Schritt zum Extrahieren von zumindest einer Merkmalsgröße F aus dem durch die Bildaufnahmeverrichtung 6 aufgenommenen vergangenen Bild V. Der Merkmalsgröße-Extraktionsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Merkmalsgröße-Extraktionseinheit 21 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0089]** In Schritt S12 von **Fig. 4** wird der Merkmalsgröße-Auswahlschritt durchgeführt. Der Merkmalsgröße-Auswahlschritt ist ein Schritt zum Auswählen aus der Vielzahl von Merkmalsgrößen der N (N zeigt die Ganzzahl nicht kleiner als eins an) Merkmalsgrößen F basierend auf Beiträgen zu der Zustandsgröße S in einem Fall, in welchem die Vielzahl von Merkmalsgrößen F durch den vorstehend beschriebenen Merkmalsgröße-Extraktionsschritt (S11) extrahiert sind. Der Merkmalsgröße-Extraktionsschritt (S12) entspricht den durch die vorstehend beschriebene Merkmalsgröße-Auswahleinheit 22 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0090]** In Schritt S13 von **Fig. 4** wird der Lerndaten-Erzeugungsschritt durchgeführt. Der Lerndaten-Erzeugungsschritt ist ein Schritt zum Erzeugen der Lerndaten D, indem die Zustandsgröße S mit zumindest einer Merkmalsgröße F, welche die vorstehend

beschriebenen vergangenen Bildinformationen  $I_p$  darstellt, assoziiert werden. Der Lerndaten-Erzeugungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Lerndaten-Erzeugungseinheit 23 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0091]** In Schritt S14 wird der Maschinenlern-Ausführungsschritt durchgeführt. Der Maschinenlern-Ausführungsschritt ist ein Schritt zum Ausführen eines Maschinenlernens der durch den vorstehend beschriebenen Lerndaten-Erzeugungsschritt (S13) erzeugten Lerndaten D. Der Maschinenlern-Ausführungsschritt entspricht den durch die vorstehend beschriebene Maschinenlern-Ausführungseinheit 24 durchgeführten Verarbeitungsinhalten, und somit werden seine Details weggelassen.

**[0092]** Mit der vorstehenden Konfiguration kann das Schätzmodell M mit hoher Schätzgenauigkeit erzeugt werden, indem ein Maschinenlernen unter Fokussierung auf die Beziehung zwischen der Merkmalsgröße F und der Zustandsgröße S ausgeführt wird.

**[0093]** Außerdem umfasst das Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren in einigen Ausführungsbeispielen, wie in **Fig. 5** gezeigt, ferner Umlern-Bestimmungsschritte (S51 bis S55). Die Umlern-Bestimmungsschritte (S51 bis S55) entsprechen den durch die vorstehend beschriebene Umlern-Bestimmungseinheit 13 durchgeführten Verarbeitungsinhalten. In dem in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Messwert  $S_r$  der Zustandsgröße S in Schritt S51 akquiriert, indem eine Messung zu einer beliebigen Zeit durchgeführt wird. In Schritt S52 wird die durch den Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt (S4) berechnete geschätzte Zustandsgröße  $S_e$  akquiriert. In Schritt S53 wird die Differenz (Differential) berechnet, indem die geschätzte Zustandsgröße  $S_e$  durch den Messwert  $S_r$  der Zustandsgröße S geteilt wird.

**[0094]** Dann wird ein Umlernen in Schritt S55 bestimmt, falls in Schritt S54 bestimmt worden ist, dass die vorstehend beschriebene Differenz einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet. Im Gegensatz dazu wird der Umlern-Bestimmungsschritt ohne die Bestimmung eines Umlernens beendet, falls bestimmt wird, dass die vorstehend beschriebene Differenz nicht größer als der vorbestimmte Schwellenwert ist.

**[0095]** Die vorliegende Erfindung ist auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel nicht beschränkt und umfasst auch ein durch Modifizieren des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels erhaltenes Ausführungsbeispiel und ein durch geeignetes Kombinieren dieser Ausführungsbeispiele erhaltenes Ausführungsbeispiel.

### Bezugszeichenliste

1	Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung
1m	Speichervorrichtung
13	Umlern-Bestimmungseinheit
2	Schätzmodell-Erzeugungseinheit
21	Merkmalsgröße-Extraktionseinheit
22	Merkmalsgröße-Auswahleinheit
23	Lerndaten-Erzeugungseinheit
24	Maschinenlern-Ausführungseinheit
2b	Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung
3	Schätzmodell-Akquirierungseinheit
4	Eingabebildinformationen-Akquirierungseinheit
5	Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit
6	Bildaufnahmeverrichtung
7	Verbrennungsofen
7c	Oberer Teil von Verbrennungsofen
7s	Seitenwandteil von Verbrennungsofen
71	Brennstoffzuführöffnung
72	Brennstoffeingabevorrichtung
73	Gitterrost (Stoker)
74	Ascheausstoßöffnung
76	Gaszufuhrvorrichtung
77	Gaszuführleitung
78a	Erstes Gasströmungsrate-Einstellungsventil
78b	Zweites Gasströmungsrate-Einstellungsventil
8	Verbrennungsgebiet
81	Primäres Verbrennungsgebiet
81a	Hauptverbrennungsgebiet
82b	Brennendes Verbrennungsgebiet
82	Sekundäres Verbrennungsgebiet
91	Abgasdurchlass
92	Abgasverarbeitungsvorrichtung
93	Stapel
Fg	Brennstoff
G	Brenngas
E	Abgas
S	Zustandsgröße

Sr	Messwert von Zustandsgröße	4. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Merkmalsgröße-Auswahleinheit (22) eine Regressionsgleichung zum Berechnen der Zustandsgröße (S) aus jeder der Merkmalsgrößen (F) berechnet, und als den Beitrag (C) ein Beitragsverhältnis von jeder der Merkmalsgrößen (F) in der berechneten Regressionsgleichung einstellt.
D	Lerndaten	
V	Bild	
I	Bildinformationen	
Ip	Vergangene Bildinformationen	
It	Eingabebildinformationen	
M	Schätzmodell	
Se	Geschätzte Zustandsgröße	
F	Merkmalsgröße	5. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit (21) die Merkmalsgrößen (F) basierend auf Helligkeitsinformationen extrahiert, die aus dem Bild (V) in der Vergangenheit erhalten worden sind.
C	Beitrag	
a <sub>i</sub>	Koeffizient	
b <sub>i</sub>	Koeffizient	

### Patentansprüche

1. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1), aufweisend:

eine Merkmalsgröße-Extraktionseinheit (21), welche Merkmalsgrößen (F) aus einem aufgenommenen Bild (V) eines Ofens (7) extrahiert; eine Merkmalsgröße-Auswahleinheit (22), welche eine oder mehrere der Merkmalsgrößen (F) aus den extrahierten Merkmalsgrößen (F) auswählt; eine Lerndaten-Erzeugungseinheit (23), welche Lerndaten (D) erzeugt, indem die ausgewählten Merkmalsgrößen (F) mit einer Zustandsgröße (S) des Ofens (7) korrespondierend zu einem in dem Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden; eine Schätzmodell-Erzeugungseinheit (2), welche ein Schätzmodell (M) zum Schätzen des Verbrennungszustands aus dem Bild (V) des Ofens (7) unter Verwendung der Lerndaten (D) erzeugt; und eine Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungseinheit (5), welche das aufgenommene Bild (V) des Ofens (7) akquiriert, und dann die Zustandsgröße (S) korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells (M) schätzt, wobei die Merkmalsgrößen (F) basierend auf einem Beitrag (C) zu der Zustandsgröße (S) ausgewählt werden, um ein Schätzziel darzustellen.

2. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Schätzmodell-Erzeugungseinheit (2) das Schätzmodell (M) erzeugt, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten (D) ausgeführt wird.

3. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Beitrag (C) einen Indikator darstellt, der einen Betrag einer Korrelation zu der Zustandsgröße (S) anzeigt.

4. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Merkmalsgröße-Auswahleinheit (22) eine Regressionsgleichung zum Berechnen der Zustandsgröße (S) aus jeder der Merkmalsgrößen (F) berechnet, und als den Beitrag (C) ein Beitragsverhältnis von jeder der Merkmalsgrößen (F) in der berechneten Regressionsgleichung einstellt.

5. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Merkmalsgröße-Extraktionseinheit (21) die Merkmalsgrößen (F) basierend auf Helligkeitsinformationen extrahiert, die aus dem Bild (V) in der Vergangenheit erhalten worden sind.

6. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Zustandsgröße (S) eine Zustandsgröße hinsichtlich eines in dem Ofen (7) während der Verbrennung erzeugten Abfallstoffs oder Abgases (E) darstellt, und wobei die Lerndaten-Erzeugungseinheit (23) die Lerndaten (D) erzeugt, indem ein Messwert (Sr), welcher an einem Messpunkt der Zustandsgröße (S) nach einem Ablauf einer vorbestimmten Zeit von dem Zeitpunkt gemessen ist, zu welchem das Bild (V) aufgenommen ist, assoziiert wird.

7. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Schätzmodell-Erzeugungseinheit (2) eine Vielzahl von Schätzmodellen (M) unter Verwendung einer Vielzahl von Maschinenlernverfahren erzeugt.

8. Ofenzustandsgröße-Schätzvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner mit einer Umlern-Bestimmungseinheit (13), welche eine erneute Erzeugung des Schätzmodells (M) bestimmt, indem ein Umlernen durchgeführt wird, falls ein Differential zwischen einem Schätzwert der Zustandsgröße (S) und einem Messwert (Sr) der Zustandsgröße (S) einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet.

9. Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung (2b) mit einer Schätzmodell-Erzeugungseinheit (2), welche ein Maschinenlernen von Lerndaten (D) ausführt, bei welchen vergangene Bildinformationen (Ip) mit einer Zustandsgröße (S) assoziiert sind, und ein Schätzmodell (M) zum Schätzen einer geschätzten Zustandsgröße (Se) aus Eingabebildinformationen (It) erzeugt, die durch Aufnehmen eines Ofens (7) erhalten sind, wobei die vergangenen Bildinformationen (Ip) eine Merkmalsgröße (F) darstellen, die basierend auf einem aufgenommenen Bild (V) des Ofens (7) erhalten worden ist, und die basierend auf dem Bild (V) in der Vergangenheit erhalten worden ist, wobei die Zustandsgröße (S) zu einem Ver-

brennungszustand korrespondiert, der in dem vergangenen Bild (V) angezeigt wird.

10. Schätzmodell-Erzeugungsvorrichtung (2b) nach Anspruch 9, wobei die Merkmalsgröße (F) basierend auf einem Beitrag (C) zu der Zustandsgröße (S) ausgewählt wird, um ein Schätzziel darzustellen.

11. Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm zum Bewirken, dass ein Computer Folgendes durchführt: einen Merkmalsgröße-Extraktionsschritt zum Extrahieren von Merkmalsgrößen (F) aus einem aufgenommenen Bild (V) eines Ofens (7); einen Merkmalsgröße-Auswahlschritt zum Auswählen einer oder mehrerer der Merkmalsgrößen (F) aus den extrahierten Merkmalsgrößen (F); einen Lerndaten-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Lerndaten (D), indem die ausgewählten Merkmalsgrößen (F) mit einer Zustandsgröße (S) des Ofens (7) korrespondierend zu einem in dem Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden; einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt zum Erzeugen eines Schätzmodells (M) unter Verwendung der Lerndaten (D), um den Verbrennungszustand aus dem Bild (V) des Ofens (7) zu schätzen; und einen Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt zum Akquirieren des aufgenommenen Bildes (V) des Ofens (7), und dann zum Schätzen der Zustandsgröße (S) korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells (M), wobei die Merkmalsgrößen (F) basierend auf einem Beitrag zu der Zustandsgröße (S) ausgewählt werden, um ein Schätzziel darzustellen.

12. Ofenzustandsgröße-Schätzprogramm nach Anspruch 11, wobei der Schätzmodell-Erzeugungsschritt das Schätzmodell (M) erzeugt, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten (D) ausgeführt wird.

13. Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren, aufweisend:  
einen Merkmalsgröße-Extraktionsschritt zum Extrahieren von Merkmalsgrößen (F) aus einem aufgenommenen Bild (V) eines Ofens (7);  
einen Merkmalsgröße-Auswahlschritt zum Auswählen einer oder mehrerer der Merkmalsgrößen (F) aus den extrahierten Merkmalsgrößen (F);  
einen Lerndaten-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Lerndaten (D), indem die ausgewählten Merkmalsgrößen (F) mit einer Zustandsgröße (S) des Ofens (7) korrespondierend zu einem in dem Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand assoziiert werden;  
einen Schätzmodell-Erzeugungsschritt zum Erzeugen eines Schätzmodells (M) unter Verwendung

der Lerndaten (D), um den Verbrennungszustand aus dem Bild (V) des Ofens (7) zu schätzen; und einen Geschätzte-Zustandsgröße-Berechnungsschritt zum Akquirieren des aufgenommenen Bildes (V) des Ofens (7), und dann zum Schätzen der Zustandsgröße (S) korrespondierend zu dem in dem akquirierten Bild (V) angezeigten Verbrennungszustand unter Verwendung des Schätzmodells (M), wobei die Merkmalsgrößen (F) basierend auf einem Beitrag zu der Zustandsgröße (S) ausgewählt werden, um ein Schätzziel darzustellen.

14. Ofenzustandsgröße-Schätzverfahren nach Anspruch 13, wobei der Schätzmodell-Erzeugungsschritt das Schätzmodell (M) erzeugt, indem ein Maschinenlernen mit den Lerndaten (D) ausgeführt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

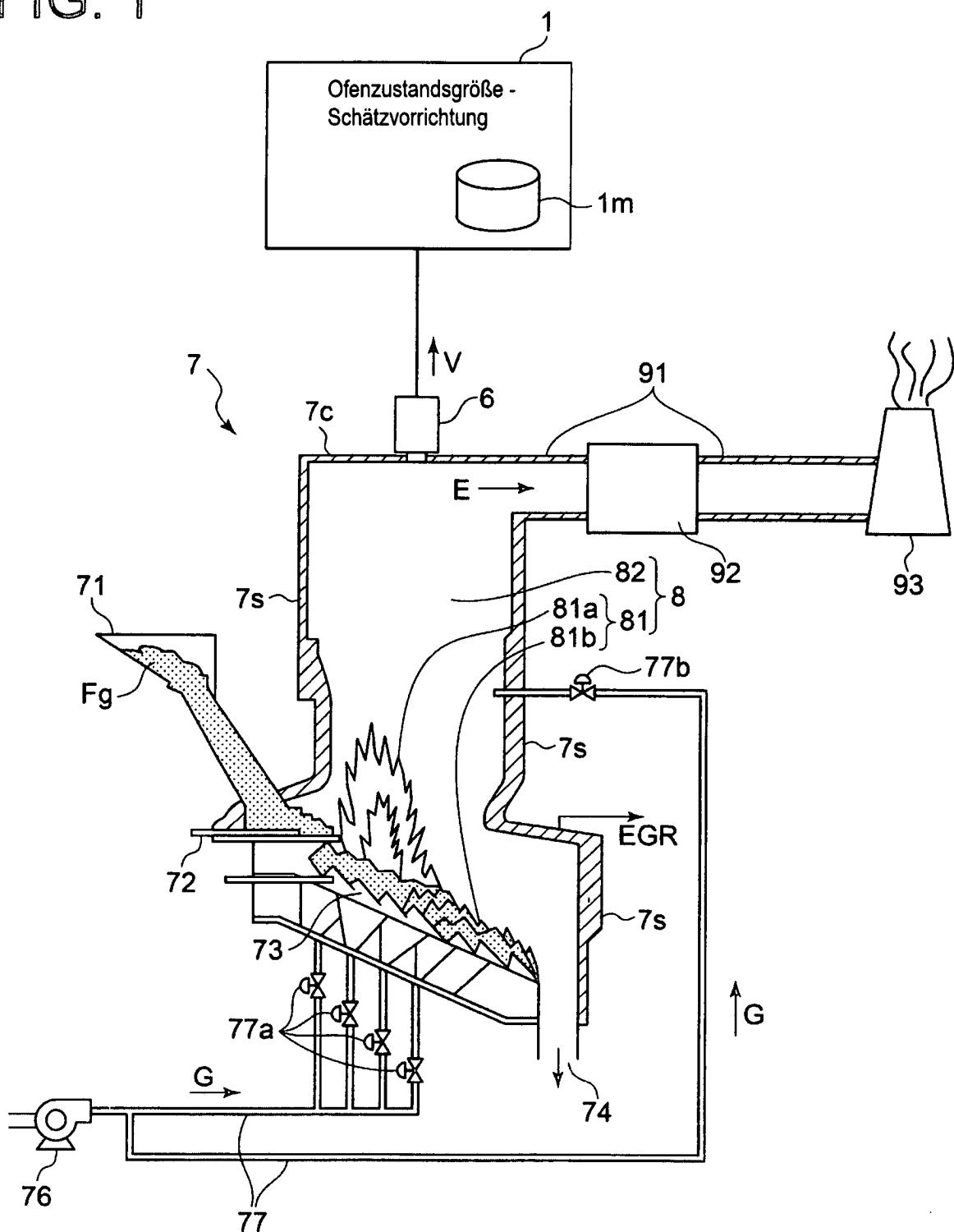


FIG. 2

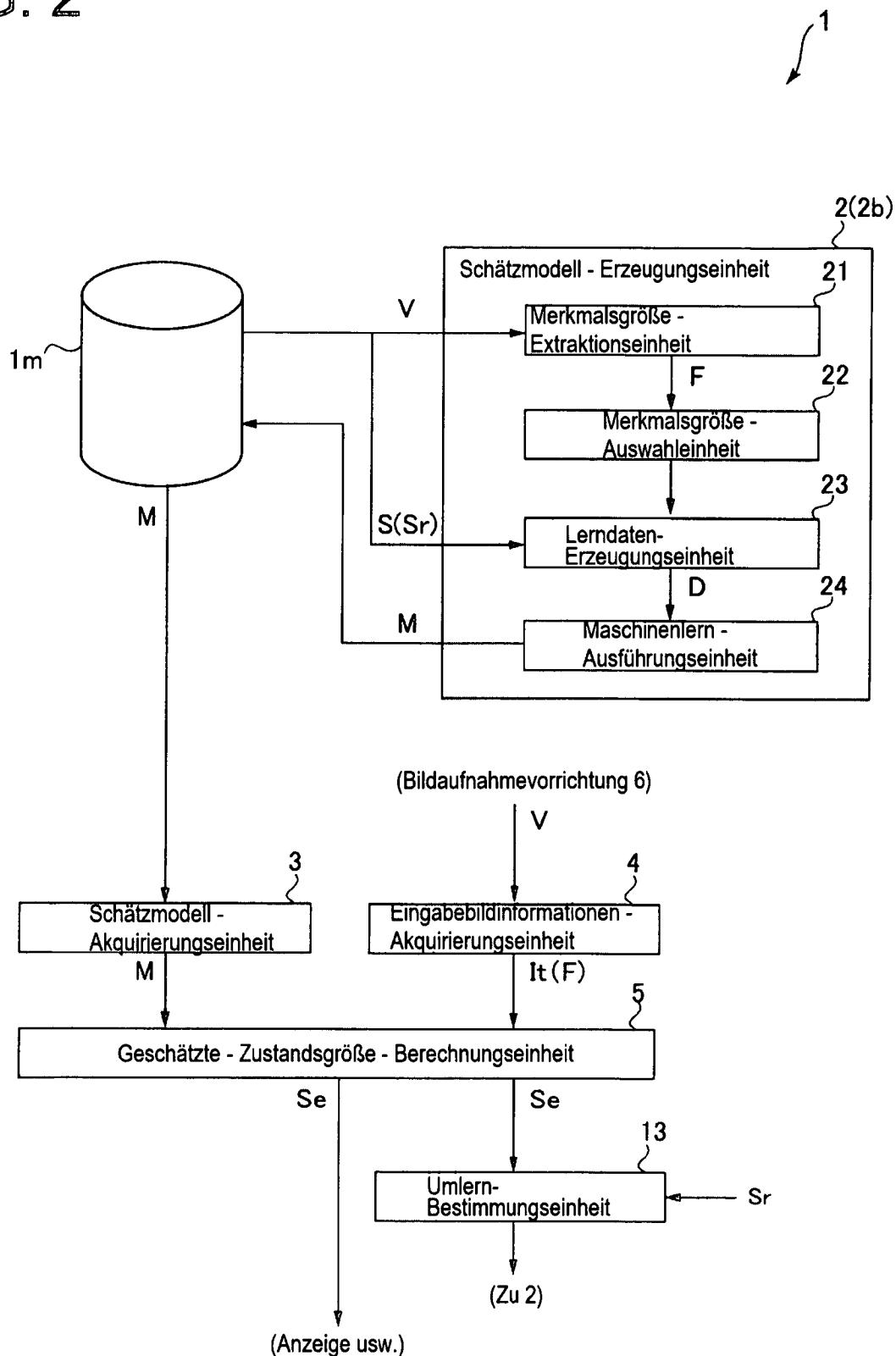


FIG. 3

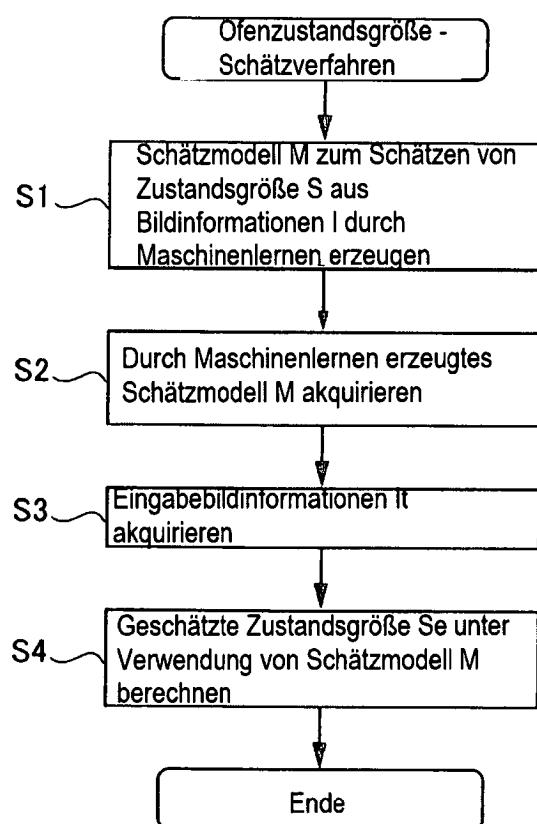


FIG. 4

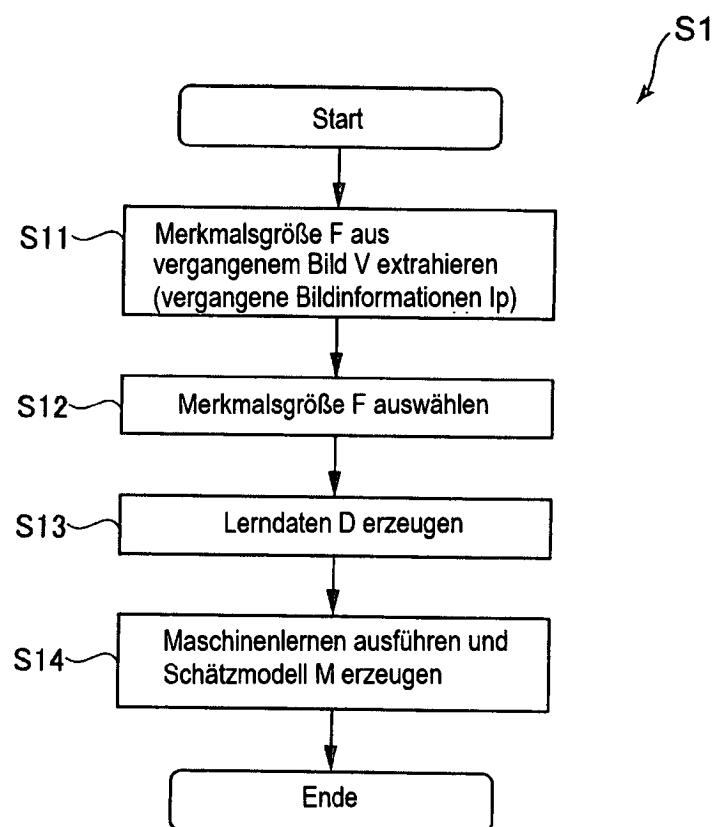


FIG. 5

