



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
29.05.2024 Patentblatt 2024/22

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23B 60/02 (2006.01) F23H 15/00 (2006.01)
F23J 1/06 (2006.01) F23J 3/02 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 22209601.8

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23B 60/02; F23H 15/00; F23J 1/06; F23J 3/023;
F23H 2700/004; F23J 2700/001

(22)

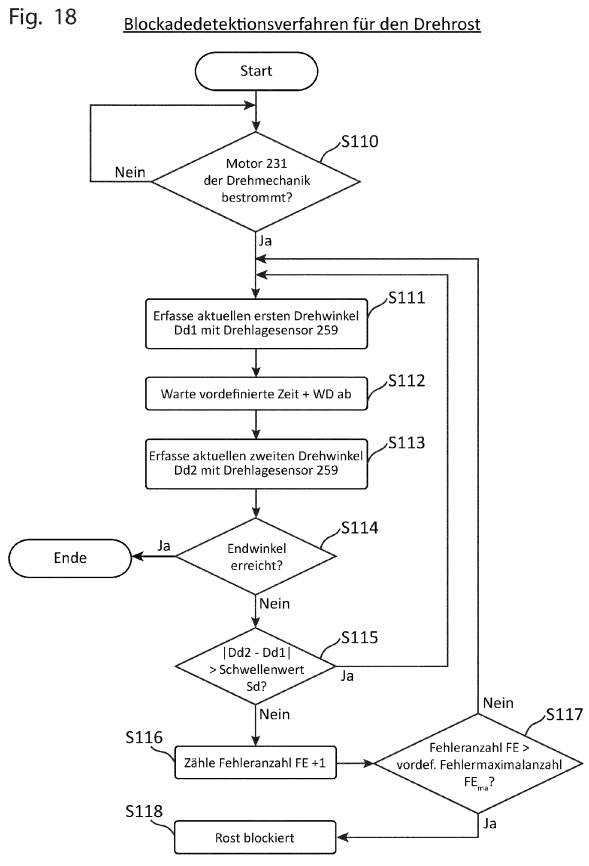
Anmeldetag: 25.11.2022

(84) Benannte Vertragsstaaten: AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR Benannte Erstreckungsstaaten: BA Benannte Validierungsstaaten: KH MA MD TN	(71) Anmelder: SL-Technik GmbH 5120 St. Pantaleon (AT) (72) Erfinder: SOMMERAUER, Thilo 5120 St. Pantaleon (AT) (74) Vertreter: Kuhnlen & Wacker Patent- und Rechtsanwaltsbüro PartG mbB Prinz-Ludwig-Straße 40A 85354 Freising (DE)
--	--

(54)

BIOMASSE-HEIZANLAGE MIT VERBESSERTER ABREINIGUNG UND EINER BLOCKADEDETEKTION DERSELBEN

(57) Biomasse-Heizanlage zur Verfeuerung von biogenem Brennstoff, aufweisend: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung und mit einem Wärmetauscher (3); eine Steuereinrichtung mit einem Speicher; zumindest einen Sensor, der einen Zustand einer Ascheabfuereinrichtung zur Abreinigung von Verbrennungsrückständen aus dem Kessel erfassen kann; wobei die Biomasse-Heizanlage derart eingerichtet ist, dass die Steuereinrichtung eine Blockade der Ascheabfuereinrichtung mittels von dem Sensor erhaltener Informationen erfassen kann.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine Biomasse-Heisanlage mit verbesserter Abreinigung und einer Blockadeerfassung derselben.

[0002] Insbesondere betrifft die Erfindung eine Blockadeerfassung für eine Abreinigung für Verbrennungsrückstände einer Biomasse-Heisanlage.

10 STAND DER TECHNIK

[0003] Biomasse-Heisanlagen in einem Leistungsbereich von 20 bis 500 kW sind bekannt. Biomasse kann als ein günstiger, heimischer, krisensicherer und umweltfreundlicher Brennstoff angesehen werden. Als verfeuerbare Biomasse, bzw. Festbrennstoff, gibt es beispielsweise Hackgut oder Pellets.

15 **[0004]** Die Pellets bestehen meistens aus Holzspänen, Sägespänen, Biomasse oder anderen Materialien, die in kleine Scheiben oder Zylinder mit einem Durchmesser von ca. 3 bis 15 mm und einer Länge von 5 bis 30 mm verdichtet worden sind. Hackgut (auch als Holzschnitzel, Holzhackschnitzel oder Hackschnitzel bezeichnet) ist mit schneidenden Werkzeugen zerkleinertes Holz.

[0005] Biomasse-Heisanlagen für Brennstoff in Form von Pellets und Hackgut weisen im Wesentlichen einen Kessel mit einer Brennkammer (der Verbrennungsraum) und mit einer daran anschließenden Wärmetauschvorrichtung auf. Aufgrund in vielen Ländern verschärfter gesetzlicher Vorschriften weisen einige Biomasse-Heisanlagen auch einen Feinstaubfilter auf. Regelmäßig ist weiteres verschiedenes Zubehör vorhanden, wie beispielsweise Regelungseinrichtungen, Sonden, Sicherheitsthermostate, Druckschalter, eine Abgas- bzw. Rauchgasrückführung und ein separater Brennstoffbehälter.

25 **[0006]** Bei der Brennkammer sind regelmäßig eine Einrichtung zur Zuführung von Brennstoff, eine Einrichtung für die Zufuhr der Luft und eine Zündvorrichtung für den Brennstoff vorgesehen. Die Einrichtung zur Zufuhr der Luft weist wiederum normalerweise ein Hochleistungsgebläse mit niedrigem Druck auf, um die thermodynamischen Faktoren bei der Verbrennung in der Brennkammer vorteilhaft zu beeinflussen. Eine Einrichtung zur Zuführung von Brennstoff kann beispielsweise mit einem seitlichen Einschub vorgesehen sein (sog. Quereinschubfeuerung). Dabei wird der Brennstoff

30 von der Seite über eine Schnecke oder einen Kolben in die Brennkammer eingeschoben.
[0007] In der Brennkammer ist weiter üblicherweise ein Feuerungsrost vorgesehen, auf welchem kontinuierlich der Brennstoff im Wesentlichen zugeführt und verbrannt wird. Dieser Feuerungsrost lagert den Brennstoff für die Verbrennung und weist Öffnungen auf, die den Durchgang eines Teils der Verbrennungsluft als Primärluft zu dem Brennstoff erlauben. Weiter kann der Rost starr oder beweglich ausgeführt sein. Bewegliche Roste dienen üblicherweise einer einfachen Entsorgung der bei der Verbrennung entstehenden Verbrennungsrückstände, beispielsweise Asche und Schlacke. Diese Verbrennungsrückstände können jedoch an dem Rost anhaften oder anbacken und müssen regelmäßig nachteilhaft manuell abgereinigt werden. Dabei können durch die Asche und Schlacke zudem die Öffnungen im Rost zur Luftzufuhr mit der Asche oder Schlacke verstopfen, womit die Verbrennungseffizienz nachteilhaft beeinflusst wird. Die Praxis zeigt, dass die Verbrennungsrückstände insbesondere in den Öffnungen des Rostes fest anhaften oder anbacken können, womit eine Abreinigung des Rostes nochmals erschwert wird.

35 **[0008]** Dabei ist die Art und Weise der Entstehung und der Anhaftung der Verbrennungsrückstände stark von den diversen Betriebszuständen des Kessels abhängig und mithin sind die Verbrennungsrückstände sehr variabel, was eine Abreinigung erschwert.

[0009] Beim Durchströmen des Rosts mit der Primärluft wird unter anderem auch der Rost gekühlt, wodurch das Material geschont wird. Sollten die Öffnungen nun verstopfen, so wird auch dieser Kühleffekt verschlechtert.

45 **[0010]** Zudem kann es bei unzureichender Luftzuführung auf dem Rost nochmals zu erhöhter Schlackenbildung kommen. Insbesondere Feuerungen, die mit unterschiedlichen Brennstoffen beschickt werden sollen, womit sich die vorliegende Offenbarung insbesondere beschäftigt, weisen die inhärente Problematik auf, dass die unterschiedlichen Brennstoffe unterschiedliche Ascheschmelzpunkte, Wassergehalte und unterschiedliches Brennverhalten aufweisen. Damit ist es problematisch eine Heisanlage vorzusehen, die für unterschiedliche Brennstoffe gleichermaßen gut geeignet ist und deren Roste entsprechend verbessert abgereinigt werden können.

[0011] Bei einem Drehrost besteht das zusätzliche Problem, dass eine Drehung durch Verbrennungsrückstände erschwert oder gar behindert werden kann, was die Mechanik stärker als üblich verschleifen oder auch gar beschädigen kann.

55 **[0012]** Die Brennkammer kann weiterhin regelmäßig in eine Primärverbrennungszone (unmittelbare Verbrennung des Brennstoffes auf dem Rost) und eine Sekundärverbrennungszone (Nachverbrennung des Rauchgases) eingeteilt werden. In der Brennkammer erfolgt die Trocknung, pyrolytische Zersetzung sowie die Vergasung des Brennstoffes. Um die entstehenden brennbaren Gase vollständig zu verbrennen kann zudem eine Sekundärluft eingeführt werden.

[0013] Die Verbrennung der Pellets oder des Hackguts weist nach der Trocknung im Wesentlichen zwei Phasen auf. In der ersten Phase wird der Brennstoff durch hohe Temperaturen und Luft, die in die Brennkammer eingeblasen werden kann, und zumindest teilweise pyrolytisch zersetzt und in Gas umgewandelt. In der zweiten Phase treten die Verbrennung des in Gas umgewandelten Teils sowie die Verbrennung der eventuell vorhandenen restlichen Feststoffe ein. Insofern

gast der Brennstoff aus, und das entstandene Gas wird mitverbrannt.

[0014] Unter Pyrolyse versteht man die thermische Zersetzung eines festen Stoffes unter Sauerstoffabschluss. Die Pyrolyse lässt sich in die primäre und sekundäre Pyrolyse aufteilen. Die Produkte der primären Pyrolyse sind Pyrolysekoks und Pyrolysegase, wobei sich die Pyrolysegase in bei Raumtemperatur kondensierbare und nicht kondensierbare Gase unterteilen lassen. Die primäre Pyrolyse findet bei grob 250-450°C und die sekundäre Pyrolyse bei ungefähr 450-600°C statt. Die in weiterer Folge auftretende sekundäre Pyrolyse basiert auf der Weiterreaktion der primär gebildeten Pyrolyseprodukte. Die Trocknung und Pyrolyse finden zumindest weitgehend ohne den Einsatz von Luft statt, da flüchtige CH - Verbindungen vom Partikel austreten und daher keine Luft an die Partikeloberfläche gelangt. Die Vergasung kann als Teil der Oxidation gesehen werden; es werden die bei der pyrolytischen Zersetzung entstandenen festen, flüssigen und gasförmigen Produkte durch weitere Wärmeeinwirkung in Reaktion gebracht. Dies geschieht unter Zugabe eines Vergasungsmittels wie Luft, Sauerstoff oder auch Wasserdampf. Der Lambda-Wert bei der Vergasung ist größer als null und kleiner als eins. Die Vergasung findet bei rund 300 bis 850°C statt. Oberhalb von ungefähr 850°C findet die vollständige Oxidation mit Luftüberschuss (Lambda größer 1) statt. Die Reaktionsendprodukte sind im Wesentlichen Kohlendioxid, Wasserdampf und Asche. Bei allen Phasen sind die Grenzen nicht starr, sondern fließend. Mittels einer am Abgasausgang des Kessels vorgesehenen Lambdasonde kann der Verbrennungsprozess vorteilhaft geregelt werden.

[0015] Allgemein ausgedrückt wird der Wirkungsgrad der Verbrennung durch die Umwandlung der Pellets in Gas erhöht, weil gasförmiger Brennstoff mit der Verbrennungsluft besser vermischt wird, und eine geringere Emission von Schadstoffen, weniger unverbrannte Partikel und Asche erzeugt werden.

[0016] Bei der Verbrennung von Biomasse entstehen luftgetragene Verbrennungsprodukte, deren Hauptbestandteile Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind. Diese können in Emissionen aus vollständiger Oxidation, aus unvollständiger Oxidation und Stoffen aus Spurenelementen bzw. Verunreinigungen unterschieden werden. Bei den Emissionen aus vollständiger Oxidation handelt es sich im Wesentlichen um Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasserdampf (H₂O). Die Bildung von Kohlenstoffdioxid aus dem Kohlenstoff der Biomasse ist das Ziel der Verbrennung, da so die freigesetzte Energie genutzt werden kann. Die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) verhält sich weitgehend proportional zum Kohlenstoffgehalt der verbrannten Brennstoffmenge; somit ist das Kohlenstoffdioxid auch abhängig von der bereitzustellenden Nutzenergie. Eine Reduzierung kann im Wesentlichen nur durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt werden. Ebenso entstehen in jedem Falle Verbrennungsrückstände, wie beispielsweise Asche und Schlacke, die entsprechend fest an dem Rost anhaften können.

[0017] Insbesondere bei Biomasse-Heisanlagen, welche für verschiedene Arten von biologischem Brennstoff tauglich sein sollen, erschwert es die variierende Qualität und Konsistenz des Brennstoffs, eine durchgängig hohe Effizienz der Biomasse-Heisanlage aufrechtzuerhalten, insbesondere da die Asche- und Schlackebildung auf dem Rost in sehr unterschiedlichem Maße erfolgen kann. Insofern ist eine Rostabreinigung ein recht variabler und von den Umständen der Asche- und Schlackebildung abhängiger Vorgang. Übliche Lösungen aus dem Stand der Technik sehen Reinigungsverfahren und -vorrichtungen vor, welche deshalb erheblich überdimensioniert und extensiv sind. Diesbezüglich besteht erheblicher Optimierungsbedarf.

[0018] Zudem kann der biologische Brennstoff verunreinigt sein. Diese Verunreinigungen können die Asche- und Schlackebildung verstärken und/oder Verstopfungen in den Öffnungen des Rostes und an der Drehmechanik verursachen. Zudem können bei Drehrosten auch Blockaden entstehen.

[0019] Ein weiterer Nachteil der herkömmlichen Biomasse-Heisanlagen für Pellets kann darin bestehen, dass Pellets, die in die Brennkammer fallen, aus dem Gitter bzw. Rost herausrollen bzw. herausrutschen können und in einen Bereich der Brennkammer gelangen können, in dem die Temperatur niedriger ist oder in dem die Luftzufuhr schlecht ist, oder sie können sogar in die unterste Kammer des Kessels fallen. Pellets, die nicht auf dem Gitter bzw. Rost verbleiben, verbrennen unvollständig und verursachen dadurch einen schlechten Wirkungsgrad, übermäßige Asche und eine bestimmte Menge an unverbrannten Schadstoffpartikeln.

[0020] Biomasse-Heisanlagen für Pellets oder Hackgut weisen die folgenden weiteren Nachteile und Probleme auf.

[0021] Ein Problem besteht darin, dass eine unvollständige Verbrennung infolge der nicht gleichmäßigen Verteilung des Brennstoffes auf dem Gitter bzw. Rost und infolge der nicht optimalen Mischung von Luft und Brennstoff die Anhäufung und das Herabfallen von unverbrannter Asche durch die Lufteintrittsöffnungen, die direkt auf den Verbrennungsrost führen, in die Luftkanäle begünstigt.

[0022] Dies ist besonders störend und verursacht häufige Unterbrechungen, um Wartungsarbeiten wie eben ein Abreinigen bzw. Reinigen des Kessels generell und insbesondere des Drehrosts durchzuführen. Aus all diesen Gründen wird in der Brennkammer normalerweise ein großer Luftüberschuss aufrechterhalten, doch dadurch nehmen die Flammentemperatur und der Wirkungsgrad der Verbrennung ab, und es kommt zu hohen NO_x-Emissionen. Ein solcher

Luftüberschuss ist unerwünscht. Insofern ist es auch ein Problem, dass die Reinigungsintervalle rein vorsorglich kürzer als erforderlich vorgesehen sind, womit der Kesselbetrieb nicht optimal erfolgt.

[0023] Die vorstehenden Probleme wurden im (nachveröffentlichten) Stand der Technik der EP 3 789 676 B1 mit einer Reinigungseinrichtung für einen Drehrost mit einer Klopfwirkung behandelt. Dabei sorgt eine Fallhammer-Konfiguration bei Drehung der Elemente des Drehrosts für ein Anschlagen eines Masseelements auf einen Anschlag des jeweiligen Elements.

[0024] Allerdings hat sich gezeigt, dass diese Lösung des Stands der Technik zwei Nachteile beinhaltet. Zum einen benötigt die Fallhammer-Konfiguration unter dem Drehrost Prinzip bedingt recht viel Platz und ist damit für Kessel mit kleinerer Leistung (und Dimensionierung) zu groß, und zum anderen ist die Abreinigungswirkung beim Drehrost weiterhin verbesserungsbedürftig. Weiterhin sind auch bei dieser Lösung die Reinigungsintervalle zu kurz, das Problem einer möglichen Blockade der Drehung der Drehrostelemente besteht weiterhin, und es sind die Reinigungsvorgänge als solche aus Sicherheitsgründen extensiv vorgesehen.

[0025] Es kann ausgehend von den vorstehend genannten Problemen eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung sein, eine Biomasse-Heisanlage vorzusehen, die eine optimierte Abreinigung der Biomasse-Heisanlage ermöglicht.

[0026] Beispielsweise sollte eine einfache Entaschung oder Abreinigung des Rostes ermöglicht werden, sowie sollte eine einfache Wartung des Rostes der Biomasse-Heisanlage ermöglicht werden.

[0027] Zudem sollte eine hohe Anlagenverfügbarkeit vorhanden sein.

[0028] Dabei könnte erfindungsgemäß und ergänzend folgende Überlegung eine Rolle spielen:

Die Hybridtechnologie soll sowohl den Einsatz von Pellets als auch von Hackgut mit Wassergehalten zwischen 8 und 35 Gewichtsprozent ermöglichen.

[0029] Dabei kann/können sich die vorstehend genannte(n) Aufgabe(n) oder die potentiellen Einzelproblemstellungen auch auf andere Teilaspekte der Gesamtanlage beziehen, beispielsweise auf die Brennkammer oder die Luftführung durch den Rost.

[0030] Diese Aufgabe(n) wird/werden durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Aspekte und vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0031] Die Vorteile dieser Konfiguration und auch der folgenden Aspekte ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der zugehörigen Ausführungsbeispiele.

[0032] Gemäß einem Aspekt dieser Offenbarung ist ein Biomasse-Heisanlage zur Verfeuerung von biogenem Brennstoff offenbart, die Anlage aufweisend: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung und mit einem Wärmetauscher; eine Steuereinrichtung mit einem Speicher; zumindest einen Sensor, der einen Zustand einer Ascheabfuereinrichtung zur Abreinigung von Verbrennungsrückständen aus dem Kessel erfassen kann; wobei die Biomasse-Heisanlage derart eingerichtet ist, dass die Steuereinrichtung eine Blockade der Ascheabfuereinrichtung mittels von dem Sensor erhaltener Informationen erfassen kann.

[0033] Gemäß einer Weiterbildung des vorstehenden Aspekts ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, diese Anlage aufweisend: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung und mit einem Wärmetauscher, wobei die Brenneinrichtung einen Drehrost mit zumindest einem mit einer Drehachse drehbar gelagerten Drehrostelement aufweist, wobei der Drehrost gedreht werden kann, um die Verbrennungsrückstände von der Verbrennungsfläche des Drehrosts abzureinigen; zumindest einen Drehwinkelsensor als den Sensor, welcher einen Drehwinkel der Drehachse erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung kommunikativ verbunden ist; zumindest einen Antrieb zur Drehung der Drehachse, wobei der Antrieb von der Steuereinrichtung angesteuert wird; wobei die Biomasse-Heisanlage eingerichtet ist, eine Blockade einer Drehung des zumindest einen Drehrostelements zu erfassen, falls eine bestimmte Drehgeschwindigkeit des zumindest einen Drehrostelements kleiner ist als ein vorbestimmter Schwellenwert.

[0034] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei die Biomasse-Heisanlage eingerichtet ist, die Drehgeschwindigkeit mittels einer Differenz von zwei erfassten Drehwinkeln zu bestimmen, wobei die beiden Drehwinkel in einem vorbestimmten zeitlichen Abstand zueinander erfasst werden.

[0035] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei die Biomasse-Heisanlage eingerichtet ist, die Blockade erst dann zu erfassen, falls die bestimmte Drehgeschwindigkeit bei zumindest zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert.

[0036] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei die Biomasse-Heisanlage eingerichtet ist, bei positiver Erfassung der Blockade der Drehung in einer ersten Drehrichtung eine Brecherfunktion ausgeführt wird, bei der das zumindest eine Drehrostelement eine vorbestimmte Zeit entgegen der ersten Drehrichtung in eine zweite Drehrichtung zurückgedreht wird, und in Folge das zumindest eine Drehrostelement erneut in die erste Drehrichtung gedreht wird.

[0037] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei der Wärmetauscher eine Mehrzahl von Kesselrohren mit darin befindlichen Turbulatoren aufweist; und der Sensor ein Positionssensor ist, der eine Ruhestellung der Turbulatoren mittelbar oder unmittelbar erfassen kann.

[0038] Gemäß einem weiteren Hauptaspekt ist ein Verfahren zur Erfassung einer Blockade eines Drehrosts einer Biomasse-Heisanlage offenbart, wobei die Biomasse-Heisanlage das Folgende aufweist: einen Kessel mit einer Bren-

neinrichtung und mit einem Wärmetauscher, eine Steuereinrichtung mit einem Speicher; zumindest einen Sensor, der einen Zustand einer Ascheabfuereinrichtung zur Abreinigung von Verbrennungsrückständen aus dem Kessel erfassen kann; wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Erfassen, durch die Steuereinrichtung, einer Blockade der Ascheabfuereinrichtung durch Auswerten von Informationen von dem Sensor.

[0039] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei die Biomasse-Heizanlage weiter das Folgende aufweist: einen Drehrost der Brenneinrichtung mit zumindest einem mit einer Drehachse drehbar gelagerten Drehrostelement aufweist; zumindest einen Drehwinkelsensor, welcher einen Drehwinkel der Drehachse erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung kommunikativ verbunden ist; zumindest einen Antrieb zur Drehung der Drehachse, wobei der Antrieb von der Steuereinrichtung angesteuert wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Bestimmen der Drehgeschwindigkeit des zumindest einen Drehrostelements; Vergleichen der bestimmten Drehgeschwindigkeit mit einem vorbestimmten Schwellenwert; Erfassung einer Blockade einer Drehung des zumindest einen Drehrostelements, falls der Vergleich ergibt, dass die Drehgeschwindigkeit kleiner ist als der Schwellenwert.

[0040] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei das Bestimmen der Drehgeschwindigkeit die folgenden Schritte umfasst: Erfassen eines ersten Drehwinkels zu einem ersten Zeitpunkt; Erfassen eines zweiten Drehwinkels zu einem zweiten Zeitpunkt, der eine vorbestimmte Wartezeit nach dem ersten Zeitpunkt festgelegt ist; Berechnen der Differenz des ersten Drehwinkels und des zweiten Drehwinkels.

[0041] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, wobei die Blockade erst dann detektiert wird, falls die bestimmte Drehgeschwindigkeit bei zumindest zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert.

[0042] Gemäß einer Weiterbildung der vorstehenden Aspekte ist das Folgende offenbart, weiter aufweisend die folgenden Schritte: Ausführen einer Brecherfunktion bei positiver Erfassung der Blockade der Drehung in einer ersten Drehrichtung, wobei die Brecherfunktion darin besteht, dass das zumindest eine Drehrostelement eine vorbestimmte Zeit entgegen der ersten Drehrichtung in eine zweite Drehrichtung zurückgedreht wird, und in Folge das zumindest eine Drehrostelement erneut in die erste Drehrichtung gedreht wird.

[0043] Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zum Auslösen einer Abreinigung eines Drehrosts einer Biomasse-Heizanlage offenbart, wobei die Biomasse-Heizanlage das Folgende aufweist: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung und mit einem Wärmetauscher, wobei die Brenneinrichtung einen Drehrost mit zumindest einem mit einer Drehachse drehbar gelagerten Drehrostelement aufweist; eine Steuereinrichtung mit einem Speicher; zumindest einen Drehwinkelsensor, welcher einen Drehwinkel der Drehachse erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung kommunikativ verbunden ist; zumindest einen Brennkammertemperatursensor, der eine Temperatur der Brennkammer erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung kommunikativ verbunden ist; zumindest einen Antrieb zur Drehung der Drehachse, wobei der Antrieb von der Steuereinrichtung angesteuert wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Erfassen, ob sich der Kessel im Zustand des Ausbrennens befindet oder nicht; Durchführen der folgenden Schritte, falls erfasst ist, dass sich der Kessel im Zustand des Ausbrennens befindet: Erfassen der Brennkammertemperatur mit dem Brennkammertemperatursensor; Abreinigen des Drehrosts durch Drehen zumindest eines Drehrostelements, falls die erfasste Brennkammertemperatur eine vorbestimmte Temperatur unterschreitet.

[0044] Offenbart ist zudem ein Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren eines der vorstehenden Aspekte auszuführen.

[0045] Offenbart ist weiterhin ein computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm vorausgehenden Aspekts gespeichert ist.

[0046] Die einzelnen Effekte und Vorteile dieser Aspekte ergeben sich aus der nachstehenden Figurenbeschreibung und den zugehörigen Zeichnungen.

[0047] "Horizontal" kann vorliegend eine ebene Ausrichtung einer Achse oder eines Querschnitts in der Annahme bezeichnen, dass der Kessel ebenso horizontal aufgestellt ist, womit beispielsweise das Erdniveau die Referenz sein kann. Alternativ kann "horizontal" vorliegend "parallel" zur Grundebene des Kessels bedeuten, so wie diese üblicherweise definiert wird. Weiter alternativ kann, insbesondere bei einem Fehlen einer Bezugsebene, "horizontal" lediglich als zumindest annähernd lotrecht zur Wirkungsrichtung der Gravitationskraft der Erde bzw. Erdbeschleunigung verstanden werden.

[0048] Obschon alle vorstehenden Einzelmerkmale und Details eines Aspekts der Erfindung und der Weiterbildungen dieses Aspekts in Zusammenhang mit der Biomasse-Heizanlage beschrieben sind, so sind diese Einzelmerkmale und Details auch als solche unabhängig von der Biomasse-Heizanlage offenbart.

[0049] Die Biomasse-Heizanlage wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen und einzelnen Aspekten anhand der Figuren näher erläutert:

Fig. 1 zeigt eine dreidimensionale Überblicksansicht einer Biomasse-Heizanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

- Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht durch die Biomasse-Heisanlage der Fig. 1, welche entlang einer Schnittlinie SL1 vorgenommen wurde und welche aus der Seitenansicht S betrachtet dargestellt ist;
- 5 Fig. 3 zeigt ebenso eine Querschnittsansicht durch die Biomasse-Heisanlage der Fig. 1 mit einer Darstellung des Strömungsverlaufs, wobei die Querschnittsansicht entlang einer Schnittlinie SL1 vorgenommen wurde und aus der Seitenansicht S betrachtet dargestellt ist;
- 10 Fig. 4 zeigt eine Teilansicht der Fig. 2, die eine Brennkammergeometrie des Kessels der Fig. 2 und Fig. 3 darstellt;
- Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht durch den Kessel bzw. die Brennkammer des Kessels entlang der Vertikalschnittlinie A2 der Fig. 4;
- 15 Fig. 6 zeigt eine dreidimensionale Schnittansicht auf die Primärverbrennungszone der Brennkammer mit dem Drehrost der Fig. 4;
- Fig. 7 zeigt entsprechend zur Fig. 6 eine Explosionsdarstellung der Brennkammersteine;
- 20 Fig. 8 zeigt eine Aufsicht auf den Drehrost mit Drehröstelementen von oben aus Sicht der Schnittlinie A1 der Fig. 2;
- Fig. 9 zeigt den Drehrost der Fig. 2 in geschlossener Position mithin in einem ersten Zustand, wobei alle Drehröstelemente horizontal ausgerichtet bzw. geschlossen sind;
- 25 Fig. 10 zeigt den Drehrost der Fig. 9 in dem Zustand einer Teilabreinigung, mithin einem zweiten Zustand, des Drehrosts im Gluterhaltungsbetrieb;
- Fig. 11 zeigt den Drehrost der Fig. 9 im Zustand der Universalabreinigung, mithin in einem dritten Zustand, wobei die Universalabreinigung bevorzugt während eines Anlagenstillstands durchgeführt wird;
- 30 Fig. 13 zeigt ein Leistungsdiagramm eines beispielhaften Zyklus des Verbrennungsbetriebs der Biomasse-Heisanlage von der Zündung bis zum Ausbrennen;
- 35 Fig. 14 zeigt ein Auslöseverfahren, mit dem eine Abreinigung des Kessels ausgelöst werden kann;
- Fig. 15 zeigt eine Weiterbildung des Auslöseverfahrens der Fig. 14;
- 40 Fig. 16 zeigt ein Abreinigungsoptimierungsverfahren;
- Fig. 17a zeigt ein Abreinigungsverfahren für den Kessel;
- 45 Fig. 17b zeigt ein erstes Anti-Blockade-Verfahren, welches eine Fortbildung des Verfahrens der Fig. 17a ist;
- Figuren 17c und 17d zeigen ein zweites Anti-Blockade-Verfahren in Fortbildung zu den Verfahren der Fig. 17a und/oder 17b;
- 50 Fig. 18 zeigt ein Blockadeerfassungsverfahren für den Drehrost der Biomasse-Heisanlage;
- Fig. 19 zeigt ein Diagramm mit dem Verfahren der Fig. 18 mit einem zeitlichen Verlauf des Drehwinkels ohne Blockade, mit Blockade und mit einer Brecherfunktion auf erkannter Blockade, sowie einer Alternative in Reaktion auf eine erkannte Blockade.
- 55

BESCHREIBUNG VON BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0050] Im Folgenden werden verschiedene lediglich beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung

unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen offenbart. Ausführungsformen und darin verwendete Begriffe sollen jedoch nicht dazu dienen, die vorliegende Offenbarung auf bestimmte Ausführungsformen zu beschränken, und sie sollte so ausgelegt werden, dass sie verschiedene Änderungen, Äquivalente und/oder Alternativen gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beinhaltet.

[0051] Sollten in der Beschreibung allgemeinere Begriffe für in den Figuren dargestellte Merkmale oder Elemente verwendet werden, so ist beabsichtigt, dass für den Fachmann nicht nur das spezielle Merkmal oder Element in den Figuren offenbart ist, sondern auch die allgemeinere technische Lehre.

[0052] In Bezug auf die Beschreibung der Figuren können die gleichen Bezugszeichen in den einzelnen Figuren verwendet werden, um auf ähnliche oder technisch entsprechende Elemente zu verweisen. Weiter können der Übersichtlichkeit halber in einzelnen Detail- oder Ausschnittsansichten mehr Elemente oder Merkmale mit Bezugszeichen dargestellt sein, als in den Überblicksansichten. Dabei ist davon auszugehen, dass diese Elemente oder Merkmale auch entsprechend in den Überblicksdarstellungen offenbart sind, auch wenn diese dort nicht explizit aufgeführt sind.

[0053] Es ist zu verstehen, dass eine Singularform eines Substantivs, das einem Gegenstand entspricht, eines oder mehrere der Dinge beinhalten kann, es sei denn, der betreffende Kontext weist eindeutig auf etwas anderes hin.

[0054] In der vorliegenden Offenbarung kann ein Ausdruck wie "A oder B", "mindestens einer von A oder/und B" oder "einer oder mehrere von A oder/und B" alle möglichen Kombinationen von zusammen aufgeführten Merkmalen beinhalten. Ausdrücke wie "erster", "zweiter", "primär" oder "sekundär", die hierin verwendet werden, können verschiedene Elemente unabhängig von ihrer Reihenfolge und/oder Bedeutung darstellen und schränken entsprechende Elemente nicht ein. Wenn beschrieben wird, dass ein Element (z.B. ein erstes Element) "funktionsfähig" oder "kommunikativ" mit einem anderen Element (z.B. einem zweiten Element) gekoppelt oder verbunden ist, kann das Element direkt mit dem anderen Element verbunden werden oder mit dem anderen Element über ein anderes Element (z.B. ein drittes Element) verbunden werden.

[0055] Ein in der vorliegenden Offenbarung verwendeter Ausdruck "konfiguriert zu" (oder "eingerichtet") kann beispielsweise durch "geeignet für", "geeignet zu", "angepasst zu", "gemacht zu", "fähig zu" oder "entworfen zu" ersetzt werden, je nach dem technisch Möglichen. Alternativ kann in einer bestimmten Situation ein Ausdruck "Vorrichtung konfiguriert zu" oder "eingerichtet zu" bedeuten, dass die Vorrichtung zusammen mit einer anderen Vorrichtung oder Komponente arbeiten kann, oder eine entsprechende Funktion ausführen kann.

[0056] Alle Größenangaben, welche in "mm" angegeben sind, sind als ein Größenbereich von ± 1 mm um den angegebenen Wert zu verstehen, sofern nicht eine andere Toleranz oder andere Bereiche oder Bereichsgrenzen explizit angegeben ist/sind.

[0057] Anzumerken ist, dass die vorliegenden Einzelaspekte, beispielsweise die Reinigungseinrichtung, gesondert von bzw. getrennt von der Biomasse-Heisanlage hierin als Einzelteile oder Einzelvorrichtungen offenbart sind. Es ist dem Fachmann somit klar, dass auch einzelne Aspekte oder Anlagenteile hierin auch für sich genommen offenbart sind. Vorliegend sind die einzelnen Aspekte oder Anlagenteile insbesondere in den durch Klammern gekennzeichneten Unterkapiteln offenbart. Es ist vorgesehen, dass diese einzelnen Aspekte auch gesondert beansprucht werden können.

[0058] Weiter sind der Übersichtlichkeit halber in den Figuren nicht alle Merkmale und Elemente, insbesondere wenn sich diese wiederholen, einzeln bezeichnet. Es sind vielmehr die Elemente und Merkmale jeweils exemplarisch bezeichnet. Analoge oder gleiche Elemente sind dann als solche zu verstehen.

(Biomasse-Heisanlage)

[0059] Zunächst soll die Biomasse-Heisanlage 1 der vorliegenden Offenbarung allgemein beschrieben werden, um das "Umfeld" der Abreinigung und insbesondere der Ascheabfuhrreinrichtungen 7, 25, d.h. des vorliegenden Drehrosts 25 mit seiner Abreinigung und auch der Ascheschnecke 71, näher zu beleuchten.

[0060] Fig. 1 zeigt eine dreidimensionale Überblicksansicht der Biomasse-Heisanlage 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0061] Der Pfeil V bezeichnet in den Figuren die Vorderansicht der Anlage 1, und der Pfeil S bezeichnet in den Figuren die Seitenansicht der Anlage 1.

[0062] Die Biomasse-Heisanlage 1 weist einen Kessel 11 auf, der auf einem Kesselfuß 12 gelagert ist. Der Kessel 11 weist ein Kesselgehäuse 13, beispielsweise aus Stahlblech, auf. Nicht vollständig dargestellt ist eine Isolation des Kessels 11.

[0063] Im vorderen Teil des Kessels 11 befindet sich eine Brenneinrichtung 2 (nicht dargestellt), die über eine erste Wartungsöffnung mit einem Verschluss 21 erreicht werden kann. Eine Drehmechanikhalterung 22 (nicht dargestellt) für einen Drehrost 25 lagert eine Drehmechanik 23, mit der Antriebskräfte auf Drehachsen 81 bzw. Lagerachsen 81 des Drehrosts 25 übertragen werden können. Die Drehmechanik 23 kann bevorzugt ein dehnbares Übertragungsglied, beispielsweise ein Zahnband, aufweisen, welches die Antriebskräfte der Motors 231 auf die Drehachse 81 überträgt. Der Drehrost 25 hat vorliegend eine Doppelfunktion. Einerseits ist er ein Rost für den Brennstoff, und andererseits dient dieser auch als Ascheabfuhrreinrichtung 25, da er die Verbrennungsrückstände durch Abkippen abführen kann.

[0064] Im Mittelteil des Kessels 11 befindet sich ein Wärmetauscher 3 (nicht dargestellt), der von oben über eine zweite Wartungsöffnung mit einem Verschluss 31 erreicht werden kann.

[0065] Im Hinterteil des Kessels 11 befindet sich eine elektrostatische Filtereinrichtung 4 (kurz auch als Filter 4 bezeichnet) mit einer Elektrode 45 (vgl. Fig. 2 ff.), die mit einer isolierenden Elektrodenhalterung 43 aufgehängt ist, und die über eine Elektrodenversorgungsleitung 42 unter Spannung gesetzt wird. Die Filtereinrichtung 4 weist ein röhrenförmiges Innenvolumen 46b, welches sich in einer Längsrichtung der Filtereinrichtung 4 erstreckt.

[0066] Das Abgas der Biomasse-Heisanlage 1, welches durch die Filtereinrichtung 4 geströmt ist, wird über einen Abgasausgang 41 abgeführt, der der Filtereinrichtung 4 (fluidisch) strömungstechnisch nachgelagert angeordnet ist. Hier kann ein Ventilator oder ein Gebläse vorgesehen sein.

[0067] Hinter dem Kessel 11 ist eine Rezirkulationseinrichtung 5 vorgesehen, die einen Teil des Rauch- bzw. Abgases über Rezirkulationskanäle 51, 53 und 54 und Klappen 52 zur Kühlung des Verbrennungsvorgangs und Wiederverwendung beim Verbrennungsvorgang rezirkuliert.

[0068] Weiter weist die Biomasse-Heisanlage 1 eine Brennstoffzufuhr 6 auf, mit der der Brennstoff kontrolliert zu der Brenneinrichtung 2 in die Primärverbrennungszone 26 von der Seite auf den Drehrost 25 befördert wird. Die Brennstoffzufuhr 6 weist eine Zellradschleuse 61 mit einer Brennstoffzufuhröffnung 65 auf, wobei die Zellradschleuse 61 einen Antriebsmotor 66 mit einer Ansteuerlektronik aufweist. Eine von dem Antriebsmotor 66 angetriebene Achse 62 treibt eine Übersetzungsmechanik 63 an, die eine (nicht dargestellte) Brennstoff-Förderschnecke 67 antreiben kann, so dass der Brennstoff in einem Brennstoff-Zufuhrkanal 64 zu der Brenneinrichtung 2 gefördert wird.

[0069] Im unteren Teil der Biomasse-Heisanlage 1 ist eine Ascheabfuhrereinrichtung 7 vorgesehen, welche eine Ascheaustragungsschnecke 71 in einem Ascheaustragungskanal aufweist, die von einem Motor 72 betrieben wird. Diese Ascheabfuhrereinrichtung 7 ist vorzugsweise derart eingerichtet, dass bei Drehung der Ascheaustragungsschnecke 71 durch den Motor 72 auch die Turbulatoren im Wärmetauscher 3 hin- und herbewegt werden, womit eine Abreinigung des Wärmetauschers erfolgt. In dieser Ascheabfuhrereinrichtung 7 können sich Schlacke oder auch andere Reste von der Verbrennung (beispielsweise Nägel) verklemmen und diese Ascheabfuhrereinrichtung 7 verklemmen.

[0070] Die Biomasse-Heisanlage 1 weist des Weiteren eine Steuereinrichtung 100 auf. Diese Steuereinrichtung 100 ist mit einem herkömmlichen Prozessor, flüchtigem und nicht-flüchtigem Speicher (beispielsweise (S-) RAM, ROM, Flash und/oder Cache-Speicher), sowie diversen Schnittstellen vorgesehen. Als Schnittstellen können analoge oder digitale Ein- und Ausgänge vorgesehen sein. Beispielsweise können CAN-Bus Schnittstellen, 0-10 V analoge Eingänge oder 4-20 mA analoge Eingänge/Ausgänge für Sensoren und Aktoren und/oder RS-232 Schnittstellen vorgesehen sein. Zudem weist die Steuereinrichtung vorzugsweise (optional) zumindest eine Schnittstelle mit einem Internet-Protokoll (IP, Ethernet, WLAN) nach den bekannten Standards auf. Damit kann die Steuereinrichtung, bevorzugt über das Internet, mit den von der Biomasse-Heisanlage 1 entfernt installierten Datenverarbeitungseinrichtungen kommunizieren.

[0071] Die Möglichkeit einer Kommunikation zu entfernt angeordneten Datenverarbeitungseinrichtungen kann vorgesehen sein.

[0072] Weiterhin kann die Steuereinrichtung 100 eine Tastatur und/oder ein Display zur Anzeige von Betriebsdaten aufweisen. Das Display kann ebenso eine sogenannte Touch-Funktion aufweisen, bei der ein Bediener Eingaben auf dem Display vornehmen kann.

[0073] Die Steuereinrichtung 100 kann auch eine Spannungserzeugungseinheit aufweisen, welche die Spannung für den Betrieb der Filtereinrichtung 4 erzeugt.

[0074] Neben der Steuereinrichtung 100 sind eine Mehrzahl von Sensoren zur Erfassung von physikalischen und/oder chemischen Größen der Biomasse-Heisanlage 1 vorgesehen. Beispiele solcher Sensoren sind in Bezug auf die Fig. 2 näher beschrieben.

[0075] Einer der Sensoren, der mit der Steuereinrichtung 100 kommunikativ verbunden sein kann, kann ein Kesseltemperatursensor 115 sein. Eine Brennkammer 24 oder Kesselrohre 32 (vgl. Fig. 2) sind zumindest teilweise von einem Wärmetauschmedium 38 (vgl. Fig. 2), beispielsweise (Heizungs-)Wasser, umgeben. Der Kesseltemperatursensor 115 misst oder erfasst die Temperatur des Wärmetauschmediums 38 im Kessel 11 vorzugsweise an einer Stelle, die für eine Durchschnittstemperatur des Wärmetauschmediums 38 im Kessel 11 repräsentativ ist.

[0076] Die von dem Kesseltemperatursensor 115 erfasste Temperatur wird an die Steuereinrichtung 100 kommuniziert (vorzugsweise als Signal, beispielsweise als Spannungssignal, als Stromsignal oder als digitales Signal), womit der Steuereinrichtung 100 die Temperatur (welche eventuell noch aus dem Signal berechnet werden muss, beispielsweise könnte die Spannung von 1 Volt 10 Grad Celsius über einem Nullpunkt entsprechen) zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung steht. Gleiches gilt für alle anderen hierin beschriebenen Sensoren bzw. erfassenden Einrichtungen.

[0077] Dabei kann die Steuereinrichtung die von dem Kesseltemperatursensor 115 erfasste Temperatur in einem (permanenten oder flüchtigen) Speicher abspeichern. Gleiches gilt analog für alle anderen erfassten Sensordaten.

[0078] Das vorstehend betreffend Kesseltemperatursensor 115 und der erfassten Temperatur (als erfasste physikalische Größe) Dargelegte kann auch auf weitere Sensoren und physikalische oder chemische Größen Anwendung finden, insbesondere auf die Sensoren, welche mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben werden. Als Sensoren können insbesondere Sensoren der Brennstoffbetthöhe bzw. Glutbetthöhe 86, die Lambdasonde 112, der Abgastemperatursensor

111, der Unterdrucksensor 113, der Heizungswassertempersensur 114 verwendet werden.

[0079] Weiter kann die Steuereinrichtung 100 Sensoren aufweisen, mit denen die (Soll-) Spannung, welche an der Elektrode 45 der Filtereinrichtung 100 anliegen soll, und der Strom I_f , der in der Filtereinrichtung 4 fließt, erfasst werden kann. Gleiches gilt für die diversen Motoren, welche für die (Ab-)Reinigung des Kessels, d.h., der Drehung der Drehrostelemente 252, 253, 254 oder der Ascheschnecke 71 zum Einsatz kommen. Damit kann die Steuereinrichtung 100 Stromerfassungsmittel zum Erfassen des Stroms durch die Elektrode 45 oder durch die diversen Motoren aufweisen. Ebenso kann die Steuereinrichtung 100 Spannungserfassungsmittel zum Erfassen der Filterspannung V_f , welche an der Elektrode 45 anliegt, oder der Spannung, die an dem jeweiligen Motor anliegt, aufweisen.

[0080] Weiter kann zumindest ein mechanischer, optischer oder auch induktiver Drehwinkelsensor bzw. Positionssensor 259 vorgesehen sein, mit dem die Drehlage bzw. der Drehwinkel der Drehrostelemente 252, 253, 254 erfasst werden kann. Ebenso kann ein Positionssensor vorgesehen sein, der die Drehlage der Ascheschnecke 71 erfassen kann.

[0081] Weiter kann ein Endschalter vorgesehen sein, mit dem ein Endanschlag des Drehrosts am Übergangselement 255 (d.h. die Drehrostelemente 252, 253, 254 befinden sich in deren horizontaler Arbeitsposition) erfasst werden kann.

[0082] Weiter ist zumindest ein Positionssensor 75 (auch als Reinigungssensor 76 bezeichnet), der beispielsweise ein induktiver Positionsschalter ist, vorgesehen. Der Positionssensor 75 ist zur Erfassung der Position oder der Ruhe- bzw. Endstellung der Reinigungsmechanik, welche von dem Motor 72 angetrieben wird, und/oder der Ascheschnecke 71, vorgesehen. Insbesondere kann der Reinigungssensor 76 derart vorgesehen sein, dass dieser eine Ruheposition der Reinigungsmechanik erfassen kann. Beispielsweise kann der Reinigungssensor 76 ein positives Signal ausgeben, wenn sich die Reinigungsmechanik in deren Ruheposition (beispielsweise sind die Turbulatoren in deren untersten Position) befindet und nicht aktiv durch den Motor 72 ausgelenkt wird. So kann der Reinigungssensor 76 beispielsweise ein induktiver Schalter sein, wobei die Anwesenheit oder Position eines Gestänges, Hebels oder eines ähnlichen mechanischen Kopplungselements zwischen der Schnecke 71 und dem Motor 72 in Ruheposition der Reinigungsmechanik durch den Sensor 76 und/oder die Drehungslage der Schnecke 71 und/oder die Höhenlage der Turbulatoren 36, 37 erfasst werden kann. Es kann ein Positionssensor 75 beispielsweise die Ruhelage der Turbulatoren 36, 37 mittelbar erfassen, indem die Lage eines Kopplungselements der Reinigungsmechanik zwischen Motor 72 und den Turbulatoren 36, 37 erfasst wird. Mit Bestimmung der Position kann mithin auf den Zustand der Ascheabfuhr geschlossen werden.

[0083] Zudem können auch die Aktoren der Biomasse-Heisanlage 1 mit der Steuereinrichtung 100 kommunikativ verbunden sein. Dabei können beispielsweise die Luftventile 52 der Rezirkulationseinrichtung 5, die Zündeinrichtung 201, die Motoren 231 und 66, der elektrostatische Filter 4 bzw. der Elektrofilter 4 (bspw. dessen An-/Auszustand S_f), die Ascheabfuhr 7 bzw. deren Motor 72, die Brennstoffzufuhr 6 mit deren Zellenradschleuse 61 bzw. deren Antriebsmotor 66 durch die Steuereinrichtung 100 angesteuert werden.

[0084] Die Steuereinrichtung 100 steuert den zumindest einen Motor 231 bzw. eine Antriebseinheit 231 zur Drehung der später erläuterten Drehrostelemente 252, 253, 254 an. Hierbei kann die Steuereinrichtung auch mittels eines Stromsensors den Strom erfassen, der durch den zumindest einen Motor fließt. Weiter kann optional auch die Spannung erfasst werden, die am Motor anliegt und mithin kann auch die (Ansteuer-)Leistung berechnet werden, die für die Motordrehung erforderlich ist.

[0085] Weiterhin ist die Filtereinrichtung 4 mit der Steuereinrichtung 100 derart kommunikativ verbunden, dass der Zustand, die Spannung und/oder die Bestromung der Elektrode 45 gesteuert werden können. Dabei kann die Steuereinrichtung 100 derart eingerichtet sein, dass der An-/Aus-Zustand S_f der Elektrode 45 und deren Spannung V_f eingestellt werden kann. Beispielsweise kann die Spannung in einem Bereich von 10-80 kV, vorzugsweise in einem Bereich von 10-60 kV, eingestellt werden.

[0086] Die Steuereinrichtung 100 kann damit eine Regelung der Biomasse-Heisanlage 1 vornehmen. Zumindest eine erfasste physikalische/chemische Größe und/oder zumindest eine elektrotechnische Größe zumindest eines Sensors der Biomasse-Heisanlage 1 wird/werden zu der Steuereinrichtung 100 kommuniziert, die Biomasse-Heisanlage 1 verwendet diese Größe(n) zur Berechnung einer Regelantwort, wobei die Regelantwort wiederum zur Einstellung zumindest eines Aktors der Biomasse-Heisanlage 1 verwendet wird. Aufgrund der Einstellung des zumindest eines Aktors wiederum werden die physikalisch/chemischen Vorgänge in der Biomasse-Heisanlage 1 (insbesondere diejenigen der Verbrennung) beeinflusst, was wiederum von dem zumindest einem Sensor erfasst wird. Damit schließt sich zumindest ein Regelkreis. Aufgrund der Vielzahl von möglichen Regelungsaufgaben der Steuereinrichtung 100 kann durch die Steuereinrichtung 100 auch mehr als ein Regelkreis der Biomasse-Heisanlage gleichzeitig geregelt werden.

[0087] Insbesondere kann die Regelung der Filtereinrichtung (Spannungsregelung der Elektrode 45) basierend auf diversen erfassten Größen erfolgen.

[0088] Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht durch die Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 1, welche entlang einer Schnittlinie SL1 vorgenommen wurde, und welche aus der Seitenansicht S betrachtet dargestellt ist. In der korrespondierenden Fig. 3, welche den gleichen Schnitt wie Fig. 2 darstellt, sind der Übersichtlichkeit halber die Strömungen "S" des Rauchgases, und strömungstechnische Querschnitte schematisch dargestellt (Diese Strömungen entsprechen auch Verfahrensschritten S1...S7, von der Erzeugung des Rauchgases bis zum Austritt aus der Biomasse-Heisanlage 11). Zu Fig. 3 ist anzumerken, dass einzelne Bereiche im Vergleich zu der Fig. 2 abgeblendet dargestellt sind. Dies dient nur der

Übersichtlichkeit der Fig. 3 und der Sichtbarkeit der Strömungspfeile S5, S6 und S7.

[0089] Von links nach rechts sind in Fig. 2 die Brenneinrichtung 2, der Wärmetauscher 3 und eine (optionale) Filtereinrichtung 4 des Kessels 11 vorgesehen. Der Kessel 11 ist auf dem Kesselfuß 12 gelagert, und weist ein mehrwandiges Kesselgehäuse 13 auf, in welchem Wasser oder ein anderes fluides Wärmetauschmedium 38 zirkulieren kann. Zur Zufuhr und Abfuhr des Wärmetauschmediums ist eine Wasserzirkulationseinrichtung 14 mit Pumpe, Ventilen, Leitungen, etc. vorgesehen.

[0090] Die Brenneinrichtung 2 weist eine Brennkammer 24 auf, in der im Kern der Verbrennungsprozess des Brennstoffes stattfindet. Die Brennkammer 24 weist einen mehrteiligen Drehrost 25 auf, auf dem das Brennstoffbett 28 aufliegt. Der mehrteilige Drehrost 25 ist mittels einer Mehrzahl von Lagerachsen 81 drehbar gelagert angeordnet.

[0091] Weiter bezugnehmend auf Fig. 2 und Fig. 3 ist die Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 durch (eine Mehrzahl von) Brennkammersteine(n) 29 umfasst, womit die Brennkammersteine 29 die Geometrie der Primärverbrennungszone 26 definieren. Der Querschnitt der Primärverbrennungszone 26 (beispielsweise) entlang der Horizontalschnittlinie A1 ist im Wesentlichen oval (beispielsweise $380\text{ mm} \pm 60\text{ mm} \times 320\text{ mm} \pm 60\text{ mm}$; dabei ist anzumerken, dass einige der vorstehenden Größenkombinationen auch einen kreisförmigen Querschnitt ergeben können). Der Pfeil S1 gibt die Strömung aus der Sekundärluftdüse 291 schematisch wieder, wobei diese Strömung (diese ist rein schematisch dargestellt) einen durch die Sekundärluftdüsen 291 induzierten Drall aufweist, um die Durchmischung des Rauchgases zu verbessern.

[0092] Dabei sind die Sekundärluftdüsen 291 derart ausgestaltet, dass diese die (durch die Brennkammersteine 29 vorgewärmte) Sekundärluft tangential in die Brennkammer 24 mit ihrem dortigen ovalen Querschnitt einführen. Damit entsteht eine wirbel- oder drallbehaftete Strömung S1, die grob spiral- oder helixförmig nach oben verläuft. In anderen Worten wird eine nach oben verlaufende und um eine Vertikalachse rotierende Spiralströmung ausgebildet.

[0093] Es sind die Sekundärluftdüsen 291 somit derart ausgerichtet, dass diese die Sekundärluft - in der horizontalen Ebene betrachtet - tangential in die Brennkammer 24 einführen. In anderen Worten sind die Sekundärluftdüsen 291 jeweils als nicht auf die Brennkammermitte ausgerichteter Eintritt für die Sekundärluft vorgesehen. Im Übrigen kann ein solcher tangentialer Eintritt auch bei einer kreisförmigen Brennkammergeometrie zum Einsatz kommen.

[0094] Dabei sind alle Sekundärluftdüsen 291 derart ausgerichtet, dass diese jeweils entweder eine rechtsdrehende oder eine linksdrehende Strömung bewirken. Insofern kann jede Sekundärluftdüse 291 zur Entstehung der Wirbelströmungen beitragen, wobei jede Sekundärluftdüse 291 eine gleichartige Ausrichtung aufweist. Zu Vorstehendem ist anzumerken, dass in Ausnahmefällen einzelne Sekundärluftdüsen 291 auch neutral (mit Ausrichtung in die Mitte) oder gegenläufig (mit entgegengesetzter Ausrichtung) angeordnet sein können, obschon dies die strömungstechnische Effizienz der Anordnung verschlechtern kann.

[0095] Die Brennkammersteine 29 bilden die Innenverkleidung der Primärverbrennungszone 26 aus, speichern Wärme und sind dem Feuer direkt ausgesetzt. Damit schützen die Brennkammersteine 29 auch das weitere Material der Brennkammer 24, beispielsweise Gusseisen, vor der direkten Flammeneinwirkung in der Brennkammer 24. Die Brennkammersteine 29 sind vorzugsweise an die Form des Rosts 25 angepasst. Die Brennkammersteine 29 weisen weiter Sekundärluft- bzw. Rezirkulationsdüsen 291 auf, die das Rauchgas in die Primärverbrennungszone 26 zur erneuten Teilnahme am Verbrennungsprozess und insbesondere zur bedarfsweisen Kühlung rezirkulieren. Die Sekundärluftdüsen 291 sind dabei nicht auf die Mitte der Primärverbrennungszone 26 ausgerichtet, sondern azentrisch ausgerichtet, um einen Drall der Strömung in der Primärverbrennungszone 26 zu bewirken (d. h. eine Drall- und Wirbelströmung, welche später näher erläutert wird). Die Brennkammersteine 29 werden später noch eingehender erläutert. Eine Isolation 311 ist am Kesselrohreintritt vorgesehen. Die ovale Querschnittsform der Primärverbrennungszone 26 (und der Düse) sowie die Länge und Lage der Sekundärluftdüsen 291 begünstigen die Ausbildung und den Erhalt einer Wirbelströmung vorzugsweise bis zur Decke der Brennkammer 24 vorteilhaft.

[0096] Eine Sekundärverbrennungszone 27 schließt sich, entweder auf der Höhe der Brennkammerdüsen 291 (funktional bzw. verbrennungstechnisch betrachtet) oder auf Höhe der Brennkammerdüse 203 (rein strukturell bzw. baulich betrachtet) an die Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 26 an, und definiert den Strahlungsteil der Brennkammer 26. In dem Strahlungsteil gibt das bei der Verbrennung entstandene Rauchgas seine Wärmeenergie hauptsächlich durch Wärmestrahlung insbesondere an das Wärmetauschmedium ab, welches sich in den beiden linken Kammern für das Wärmetauschmedium 38 befindet. Die entsprechenden Rauchgasströmungen sind in Fig. 3 durch die Pfeile S2 und S3 rein beispielhaft angegeben. Diese Wirbelströmungen werden eventuell auch leichte Rückströmungen oder weitere Turbulenzen beinhalten, die durch die rein schematischen Pfeile S2 und S3 nicht dargestellt werden. Das Grundprinzip der Strömungsausprägung in der Brennkammer 24 ist dem Fachmann jedoch, ausgehend von den Pfeilen S2 und S3, klar bzw. berechenbar.

[0097] Durch die Sekundärlufteindüsung hervorgerufen bilden sich in der isolierten bzw. begrenzten Brennkammer 24 ausgeprägte Drall- bzw. Rotations- bzw. Wirbelströmungen aus. Dabei trägt insbesondere die ovale Brennkammergeometrie 24 dazu bei, dass sich die Wirbelströmung ungestört bzw. optimal entwickeln kann.

[0098] Nach dem Austritt aus der Düse 203, die diese Wirbelströmungen nochmals bündelt, zeigen sich kerzenflammenförmige Rotationsströmungen S2, welche vorteilhaft bis zur Brennkammerdecke 204 reichen können, womit der

verfügbare Raum der Brennkammer 24 besser ausgenutzt wird. Dabei sind die Wirbelströmungen auf die Brennkammermitte konzentriert und nutzen das Volumen der Sekundärverbrennungszone 27 ideal aus. Weiter mindert die Einschnürung, die die Brennkammerdüse 203 für die Wirbelströmungen darstellt, die Rotationsströmungen, womit Turbulenzen zur Verbesserung der Durchmischung des Luft-Rauchgasgemischs erzeugt werden. Es findet somit eine Quervermischung durch die Einschnürung bzw. Verengung durch die Brennkammerdüse 203 statt. Der Rotationsimpuls der Strömungen bleibt allerdings zumindest teilweise auch oberhalb der Brennkammerdüse 203 erhalten, was die Ausbreitung dieser Strömungen bis zur Brennkammerdecke 204 erhält.

[0099] Die Sekundärluftdüsen 291 sind in den elliptischen bzw. ovalen Querschnitt der Brennkammer 24 somit derart integriert, dass sie aufgrund ihrer Länge und ihrer Ausrichtung Wirbelströmungen induzieren, die das Rauchgas-Sekundärluftgemisch in Rotation versetzen und dadurch (nochmals durch in Kombination mit der darüber positionierten Brennkammerdüse 203 verbessert) eine vollständige Verbrennung bei minimalem Luftüberschuss und somit maximalem Wirkungsgrad ermöglichen.

[0100] Dabei ist die Sekundärluftzufuhr derart gestaltet ist, dass diese die heißen Brennkammersteine 29 durch Umströmung derselben kühlt und die Sekundärluft im Gegenzug selbst vorgewärmt wird, wodurch die Ausbrandgeschwindigkeit der Rauchgase beschleunigt wird und die Vollständigkeit des Ausbrandes auch bei extremer Teillast (z. B. 30% der Nennlast) sichergestellt wird.

[0101] Die erste Wartungsöffnung 21 ist mit einem Dämmmaterial, beispielsweise Vermiculite™, isoliert. Die vorliegende Sekundärverbrennungszone 27 ist derart eingerichtet, dass ein Ausbrand des Rauchgases gewährleistet wird. Die spezielle geometrische Ausgestaltung der Sekundärverbrennungszone 27 wird später noch eingehender erläutert.

[0102] Nach der Sekundärverbrennungszone 27 strömt das Rauchgas in die Wärmetauscheinrichtung 3, welche ein Bündel von parallel zueinander vorgesehenen Kesselrohren 32 aufweist. In den Kesselrohren 32 strömt das Rauchgas nun abwärts, wie in Fig. 3 durch die Pfeile S4 angegeben. Man kann diesen Teil der Strömung auch als Konvektionsteil bezeichnen, da die Wärmeabgabe des Rauchgases im Wesentlichen an den Kesselrohrwänden über eine erzwungene Konvektion erfolgt. Durch die im Kessel 11 verursachten Temperaturgradienten im Wärmetauschermedium, beispielsweise im Wasser, stellt sich eine natürliche Konvektion des Wassers ein, welche eine Durchmischung des Kesselwassers begünstigt.

[0103] In den Kesselrohren 32 sind Federturbulatoren 36 und Spiral- bzw. Bandturbulatoren 37 angeordnet, um den Wirkungsgrad der Wärmetauscheinrichtung 4 zu verbessern. Diese Turbulatoren 36, 37 sind geformte Metallteile, welche sich in den Kesselrohren 32 des Wärmetauschers 3 befinden, und welche in den Kesselrohren 32 zur Abreinigung von Verbrennungsrückständen in diesen Rohren 32 hin- und herbewegt werden können.

[0104] Der Ausgang der Kesselrohre 32 mündet über den Wendekammereintritt 34 bzw. -einlass in die Wendekammer 35. Dabei ist die Wendekammer 35 derart gegenüber der Brennkammer 24 abgedichtet, dass kein Rauchgas aus der Wendekammer 35 direkt zurück in die Brennkammer 24 strömen kann. Allerdings ist trotzdem ein gemeinsamer (Ab-)Transportweg für die Verbrennungsrückstände vorgesehen, die im gesamten Strömungsbereich des Kessels 11 anfallen können. Falls die Filtereinrichtung 4 nicht vorgesehen ist, wird das Rauchgas wieder im Kessel 11 nach oben abgeführt. Der andere Fall der optionalen Filtereinrichtung 4 ist in den Fig. 2 und 3 dargestellt. Dabei wird das Rauchgas nach der Wendekammer 35 wieder nach oben in die Filtereinrichtung 4 eingeleitet (vgl. Pfeile S5), welche vorliegend beispielhaft eine elektrostatische Filtereinrichtung 4 ist. Dabei können am Eintritt 44 der Filtereinrichtung 4 Strömungsblenden vorgesehen sein, die die Einstromung des Rauchgases in den Filter vergleichmäßigen.

[0105] Elektrostatische Staubfilter, in der Wissenschaft auch Elektroabscheider genannt, sind Einrichtungen zur Abscheidung von Partikeln aus Gasen, die auf dem elektrostatischen Prinzip beruhen. Diese Filtereinrichtungen werden insbesondere zur elektrischen Reinigung von Abgasen verwendet. Bei Elektrofiltern werden Staubeilchen durch eine Koronaentladung einer Sprühelektrode elektrisch aufgeladen und zur entgegengesetzt aufgeladenen Elektrode (Niederschlagselektrode) gezogen. Die Koronaentladung findet auf einer dafür geeigneten, geladenen Hochspannungselektrode (auch als Sprühelektrode bezeichnet) im Inneren des Elektrofilters statt.

[0106] Die (Sprüh-)Elektrode 45 ist mit herausragenden Spitzen und eventuell mit scharfen Kanten ausgeführt, weil dort die Dichte der Feldlinien und damit auch die elektrische Feldstärke am größten und somit die Koronaentladung begünstigt ist.

[0107] Die gegengesetzte Elektrode (Gegenelektrode bzw. Niederschlagselektrode) besteht für gewöhnlich aus einem geerdeten Abgasrohrabschnitt oder einer käfigartigen Anordnung, der um die Elektrode gelagert bzw. vorgesehen ist.

[0108] Der Abscheidungsgrad eines Elektrofilters ist insbesondere von der Verweilzeit der Abgase im Filtersystem und der Spannung zwischen Sprüh- und Abscheidungselektrode abhängig. Die dafür notwendige gleichgerichtete Hochspannung wird von der Spannungserzeugungseinheit der Steuereinrichtung 100 (nicht dargestellt) bereitgestellt. Die Elektrode 45 besteht zumindest weitgehend aus einem hochwertigen Federstahl oder Chromstahl und ist von einer Elektrodenhalterung 43 über einen Isolator 46, d. h. eine Elektrodenisolation 46, gehalten.

[0109] Die Halterung 43 für die Elektrode 45 und insbesondere der Isolator 46 sind vorliegend Staub und Verschmutzung ausgesetzt, da diese am bzw. im rauchgasführenden Innenraum angeordnet sind. Insofern sind besondere Maßnahmen zur Vermeidung ungewollter Kriechströme erforderlich. Der Käfig 48 kann durch die Abreinigung 7 bewegt

werden, um auch den Filter 4 abzureinigen. Eine solche Bewegung kann mit der Bewegung der Turbulatoren 36, 37 einhergehen.

[0110] Wie in Fig. 2 gezeigt, ist eine optimierte stabförmige Elektrode 45 in etwa mittig in einem annähernd kaminförmigen oder länglichen Innenraum der Filtereinrichtung 4 gehalten.

[0111] Diese (Sprüh-)Elektrode 45 hängt schwingungsfähig bzw. pendelfähig nach unten in dem Innenraum der Filtereinrichtung 4. Dabei kann die Elektrode 45 beispielsweise quer zur Längsachse der Elektrode 45 hin- und herschwingen.

[0112] Ein Käfig 48 dient gleichzeitig als Gegenelektrode und als Abreinigungsmechanik für die Filtereinrichtung 4. Der Käfig 48 ist mit dem Masse- bzw. Erdpotential verbunden. Durch den herrschenden Potentialunterschied wird das in der Filtereinrichtung 4 strömende Rauchgas bzw. Abgas, vgl. die Pfeile S6, gefiltert, wie vorstehend erläutert. Die Pfeile S6 geben grob den Bereich an, in welchem eine Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases als Referenz zu bestimmen ist. In diesem Bereich im Inneren der rohrförmigen Filtereinrichtung 4 liegt die Strömungsgeschwindigkeit in einem Bereich von 0,5 bis 3 m/s, vorzugsweise in einem Bereich von 1 bis 2 m/s, wenn die Biomasse-Heisanlage im Volllastbetrieb betrieben wird. Unter Volllastbetrieb wird derjenige Betrieb der Biomasse-Heisanlage verstanden, bei dem mindestens 90% der Nominalleistung [kW] (auf welche der Kessel 11 ausgelegt und regelmäßig auch zertifiziert ist) abgegeben wird. Unter Teillastbetrieb wird ein Betrieb des Kessels 11 bzw. der Biomasse-Heisanlage 1 unterhalb dieser 90% verstanden.

[0113] Die Indikatorlinie WT3 gibt eine beispielhafte Querschnittslinie durch die Filtereinrichtung 4 an, in der die Strömung möglichst homogen eingerichtet bzw. über den Querschnitt der Kesselrohre 32 grob gleichverteilt ist (u. A. aufgrund von Strömungsblenden am Eingang der Filtereinrichtung 4 und aufgrund der Geometrie der Wendekammer 35). Eine gleichmäßige Durchströmung der Filtereinrichtung 3 bzw. des letzten Kesselzuges minimiert Strahlenbildung und optimiert dadurch zudem die Abscheideeffizienz der Filtereinrichtung 4 sowie den Wärmeübergang in der Biomasse-Heisanlage 1.

[0114] Im Falle der Abreinigung der Filtereinrichtung 4 wird die Elektrode 45 stromlos geschaltet. Der Käfig 48 weist vorzugsweise ein achteckiges, regelmäßiges Querschnittsprofil auf, so wie sich das beispielsweise der Ansicht der Fig. 13 entnehmen lässt. Der Käfig 48 kann vorzugsweise bei der Herstellung mit dem Laser zugeschnitten werden.

[0115] Das Rauchgas strömt nach dem Austritt aus dem Wärmetauscher 3 (aus dessen Austritt) durch die Wendekammer 34 in den Eintritt 44 der Filtereinrichtung 4.

[0116] Dabei ist die Filtereinrichtung 4 vorteilhaft vollintegriert in den Kessel 11 vorgesehen, womit die dem Wärmetauscher 3 zugewandte und von dem Wärmetauschermedium durchspülte Wandfläche auch aus Richtung der Filtereinrichtung 4 zum Wärmetausch eingesetzt wird, womit die Effizienz der Anlage 1 nochmals verbessert wird. Damit kann zumindest ein Teil der Wand der Filtereinrichtung 4 mit dem Wärmetauschermedium durchspült sein, womit zumindest ein Teil dieser Wand mit Kesselwasser gekühlt wird.

[0117] Am Filteraustritt 47 strömt das gereinigte Abgas aus der Filtereinrichtung 4 hinaus, wie durch die Pfeile S7 angegeben. Nach dem Filteraustritt wird ein Teil des Abgases über die Rezirkulationseinrichtung 5 wieder zu der Primärverbrennungszone 26 zurückgeführt. Auch dies wird später noch näher erläutert werden. Dieses zur Rezirkulierung bestimmte Abgas bzw. Rauchgas kann kurz auch als "Rezi" oder "Rezi-Gas" bezeichnet werden. Der verbleibende Teil des Abgases wird über den Abgasausgang 41 aus dem Kessel 11 hinausgeleitet.

[0118] Der Pfeil S8 gibt eine Rauchgasströmung bzw. Verwirbelung an, bei der Rauchgas nicht direkt aus dem Filter 4 austritt, sondern in einem Totvolumen des Filters 4 (welches strömungstechnisch hinter den Austritt 47 gelegen ist, womit es nicht in der Hauptdurchgangsströmung S6, S7 durch den Filter 4 gelegen ist), eine Umkehr bzw. Wirbelströmung ausbildet und insbesondere den Isolator 46 beströmen kann. Dabei können sich Ruß und Asche auf dem Isolator ablagern. So können sich neben nichtmineralischen Verbrennungsrückständen auch kohlenstoffhaltige Verbrennungsrückstände auf dem Isolator ablagern, welche die Funktion des Isolators beeinträchtigen. Näheres hierzu wird in Bezug auf die Fig. 9 erläutert.

[0119] Eine Ascheabfuhr 7 ist im unteren Teil des Kessels 11 angeordnet. Über eine Ascheaustragungsschnecke 71 wird die beispielsweise aus der Brennkammer 24, den Kesselrohren 32 und der Filtereinrichtung 4 abgeschiedene und herausfallende Asche seitlich aus dem Kessel 11 ausgefördert.

[0120] In Fig. 2 und Fig. 3 sind weitere Sensoren abgebildet, die mit der Steuereinrichtung 100 zumindest kommunikativ verbunden sind. Mit den Sensoren werden (physikalische und/oder chemische) Größen der Biomasse-Heisanlage 1 erfasst.

[0121] Ein Abgastempertursensor 111 ist stromabwärts zu dem Ausgang des Wärmetauschers 3 vorgesehen. Dieser misst eine Temperatur des Abgases bzw. Rauchgases, nachdem dieses durch den Wärmetauscher 3 hindurchgeströmt ist. Dieser Sensor 111 kann bevorzugt zur Regelung der Temperatur des in den Filter 4 hineinströmenden Rauchgases zur Filterung eingesetzt werden.

[0122] Als Abgastempertursensor 111 kann ein herkömmlicher Temperaturfühler oder auch ein PT-100 oder PT-1000 Sensor zum Einsatz kommen, welcher in der Wand des Abgaskanals vorgesehen ist oder in den Abgaskanal hineinragt. Mit Hilfe des Abgastempertursensors 111 kann die Temperatur des Abgases in Grad Celsius bestimmt

werden.

[0123] Es kann der Abgastempertatursensor 111 beispielsweise vor oder nach der optionalen Filtereinrichtung 4 vorgesehen sein. Ebenso beispielsweise kann der Abgassensor 111 vor dem Abgasausgang 41 vorgesehen sein. Des Weiteren kann auch mehr als ein Abgastempertatursensor 111 vorgesehen sein, um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen oder auch messtechnische Redundanzen vorzusehen. Es kann beispielsweise ein Abgastempertatursensor 111 direkt nach dem Ausgang des Wärmetauschers 3 und ein weiterer Abgastempertatursensor 111 kann nach der Filtereinrichtung 4 vorgesehen sein.

[0124] Des Weiteren ist zumindest eine Lambdasonde 112 vorgesehen. Sie ist als Sensor für die Lambda Regelung der Biomasse-Heisanlage 1 vorgesehen. Mit der Lambdasonde wird zumindest eine physikalische/chemische Größe erfasst, die eine Regelung des Verbrennungsvorgangs im Kessel 11 ermöglicht. Die Lambdasonde 112 ermöglicht eine O₂-Gehaltsmessung bzw. eine Sauerstoffgehaltsmessung des Abgases bzw. des Rauchgases nach der Brennkammer 24.

[0125] Eine Lambdasonde kann üblicherweise den Restsauerstoffgehalt im Abgas mit dem Sauerstoffgehalt einer Referenz, meist der momentanen Atmosphären- bzw. Umgebungsluft, vergleichen. Daraus kann das Verbrennungsluftverhältnis λ (Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brennstoff) bestimmt und eingestellt werden. Es können zwei Messprinzipien verwendet werden: Spannung eines Festkörperelektrolyts (Nernst-Sonde) und Widerstandsänderung einer Keramik (Widerstandssonde).

[0126] Bei der vorliegenden Verwendung in der Biomasse-Heisanlage kann die Lambdasonde 112 den Sauerstoffgehalt des Abgases (beispielsweise in Vol-%) messen, und so kann am Kessel 11 ein optimales Gemisch, vorzugsweise mittels eines KI-Modells, geregelt werden, um so ein Überangebot an kühlender Zuluft oder infolge Sauerstoffmangels entstehendes Kohlenstoffmonoxid (mit ungenutztem Restheizwert) zu verhindern, welche dem Heizungssystem Energie "rauben" würden.

[0127] Für die zumindest eine Lambdasonde 112 sind in Fig. 2 zwei mögliche Einbaupositionen vorgeschlagen. Die eine befindet sich benachbart zum Eingang 33 des Wärmetauschers 3 (vgl. Fig. 2, oben, Mitte) und die andere befindet sich im Abgasausgang 41 und damit nach dem Ausgang des Wärmetauschers 3 (vgl. Fig. 2, oben rechts). Generell kann die Lambdasonde 112 an einer beliebigen Position in der Abgasführung des Kessels 11 vorgesehen sein, solange diese das Abgas bzw. Rauchgas vermessen kann.

[0128] Je größer allerdings die Entfernung zwischen Flamme in der Brennkammer 24 und Lambdasonde 112 gewählt wird, desto schwieriger wird die Regelung des Kessels 11 wegen der dann auftretenden Totzeit. Deshalb ist es vorzuziehen, die Sonde möglichst nahe an der Brennkammer 24 zu montieren. Mit dem Signal der Lambdasonde 112 können über die Steuereinrichtung 100 beispielsweise die Zufuhr an Primärluft in die Brennkammer und die Brennstoffzufuhrmenge geregelt werden.

[0129] Weiter ist ein (optionaler) Unterdrucksensor 113 oder Druckdifferenzsensor 113 vorgesehen. Dieser Unterdrucksensor 113 misst den (Unter-)Druck in der Brennkammer 24, beispielsweise in der Einheit [mPas], beziehungsweise den Differenzdruck der Brennkammer 24 zum Umgebungsluftdruck. Über den Unterdruck wird die Primärluft (und optional die Sekundärluft) in die Brennkammer 24 zur Verbrennung angesaugt.

[0130] Weiter ist ein (optionaler) Rücklauf- (oder Vorlauf-)Temperatursensor 114 bzw. ein Heizungswassertemperatursensor 114 vorgesehen. Dieser ist beispielsweise im Rücklauf oder im Vorlauf einer üblichen Wasserzirkulationseinrichtung 14 vorgesehen und erfasst die Temperatur des Heizungswassers im Wasserkreislauf, in welchem der Kessel 11 vorgesehen ist. Dabei ist das Wärmetauschmedium 38 vorzugsweise das Heizungswasser.

[0131] Damit kann die Temperatur des Wärmetauschmediums 38 in bzw. außerhalb des Kessels mit dem vorher erläuterten Kesseltemperatursensor 115 bzw. mit dem Heizungswassertemperatursensor 114 (bevorzugt ein Rücklauf-temperatursensor 114) erfasst werden.

[0132] Ein Brennstoffbetthöhensensor 116 (vorliegend in den Fig. ohne eine beispielhafte Mechanik dargestellt) erfasst die Höhe des Brennstoffbetts 28 über dem Rost und damit eine Menge des Brennstoffs, beispielsweise der Hackschnitzel, auf dem Rost 25. Ein Beispiel für einen derartigen Sensor in mechanischer Ausführung ist in der EP 3 789 670 B1 in Bezug auf deren Fig. 17 und 18 beschrieben, vorauf Bezug genommen wird. Alternativ kann der Brennstoffbetthöhensensor 116 beispielsweise als Ultraschallsensor vorgesehen sein.

[0133] Weiter ist ein Brennkammertemperatursensor 117 vorgesehen. Dieser erfasst eine Temperatur der Brennkammer 24, beispielsweise in Grad Celsius. Der Brennkammertemperatursensor 117 kann am Ausgang der Brennkammer 24 oder auch in der Brennkammer 24 bzw. an der Brennkammerwand vorgesehen sein. Dieser Brennkammertemperatursensor 117 kann die Temperatur in der Brennkammer 24 beispielsweise als bekannter PT100-Fühler oder als Infrarot-Messeinrichtung erfassen. Es kann auch mehr als ein Brennkammertemperatursensor 117 vorgesehen sein, womit beispielsweise eine Durchschnittstemperatur dieser Mehrzahl von Brennkammertemperatursensoren 117 als Brennkammertemperatur ermittelt bzw. berechnet werden kann.

[0134] Anzumerken ist, dass die Orte der Sensoren der Fig. 2 und 3 auch von den dargestellten Orten abweichen können, so wie dies vom Fachmann als sinnvoll erachtet wird. Beispielsweise kann die Brennkammertemperatur auch an einem anderen Ort erfasst werden.

[0135] Die Brennkammer 24 und auch die Geometrie der Filtereinrichtung 4 sowie der vorgelagerten Wendekammer 35 dieser Ausführungsform wurden mittels CFD-Simulationen berechnet. Weiter wurden Praxisexperimente durchgeführt, um die CFD-Simulationen zu bestätigen. Ausgangspunkt der Überlegungen waren Berechnungen für einen 100 kW Kessel, wobei jedoch ein Leistungsbereich von 20 bis 500 kW berücksichtigt wurde.

[0136] Eine CFD-Simulation (CFD = Computational Fluid Dynamics = numerische Strömungsmechanik) ist die räumlich und zeitlich aufgelöste Simulation von Strömungs- und Wärmeleitprozessen. Dabei können die Strömungsprozesse laminar und/oder turbulent sein, von chemischen Reaktionen begleitet auftreten, oder es kann sich um ein mehrphasiges System handeln. CFD-Simulationen eignen sich somit gut als Design- und Optimierungswerkzeug. Bei der vorliegenden Erfindung wurden CFD-Simulationen eingesetzt, um die strömungstechnischen Parameter derart zu optimieren, dass die vorstehend aufgeführten Aufgaben der Erfindung gelöst werden. Insbesondere wurden im Ergebnis die mechanische Ausgestaltung und Dimensionierung des Kessels 11, der Brennkammer 24, der Sekundärluftdüsen 291 und der Brennkammerdüse 203 maßgeblich durch die CFD-Simulation und auch durch zugehörige praktische Experimente definiert. Die Simulationsergebnisse basieren auf einer Strömungssimulation mit Berücksichtigung der Wärmeübertragung.

(Brennkammer)

[0137] Die nachfolgenden Ausführungen zur Gestaltung der Brennkammerform beschreiben beispielhaft, wo der erfindungsgemäße Rost eingesetzt werden kann. Durch die Brennkammerform bzw. -geometrie erreicht werden sollen eine möglichst gute turbulente Durchmischung und Homogenisierung der Strömung über den Querschnitt des Rauchgaskanals, eine Minimierung des Feuerungsvolumens, eine Reduktion des Luftüberschusses und des Rezirkulationsverhältnisses (Wirkungsgrad, Betriebskosten), eine Reduktion der CO-Emissionen und der NO_x-Emissionen, eine Reduktion von Temperaturspitzen (Fouling und Verschlackung) sowie eine Reduktion von Rauchgas-Geschwindigkeitsspitzen (Materialbeanspruchung und Erosion).

[0138] Die Fig. 4, die eine Teilansicht der Fig. 2 ist, und die Fig. 5, welche eine Schnittansicht durch den Kessel 11 entlang der Vertikalschnittlinie A2 ist, stellen eine Brennkammergeometrie dar, die den vorstehend genannten Anforderungen für Biomasse-Heizanlagen über einen weiten Leistungsbereich von beispielsweise 20 bis 500 kW gerecht wird.

[0139] Die in den Figuren 3 und 4 angegebenen und über CFD-Berechnungen und Praxisexperimente ermittelten Maße sind im Einzelnen wie folgt:

BK1 = 172 mm +- 40 mm, vorzugsweise +- 17 mm;
 BK2 = 300 mm +- 50 mm, vorzugsweise +- 30 mm;
 BK3 = 430 mm +- 80 mm, vorzugsweise +- 40 mm;
 BK4 = 538 mm +- 80 mm, vorzugsweise +- 50 mm;
 $BK5 = (BK3 - BK2) / 2 = \text{bspw. } 65 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm, vorzugsweise } \pm 20 \text{ mm};$
 BK6 = 307 mm +- 50 mm, vorzugsweise +- 20 mm;
 BK7 = 82 mm +- 20 mm, vorzugsweise +- 20 mm;
 BK8 = 379 mm +- 40 mm, vorzugsweise +- 20 mm;
 BK9 = 470 mm +- 50 mm, vorzugsweise +- 20 mm;
 BK10 = 232 mm +- 40 mm, vorzugsweise +- 20 mm;
 BK11 = 380 mm +- 60 mm, vorzugsweise +- 30 mm;
 BK12 = 460 mm +- 80 mm, vorzugsweise +- 30 mm.

[0140] Diese Maßangaben sind allerdings lediglich beispielhaft, und dienen der Verdeutlichung der vorliegenden technischen Lehre.

[0141] Mit diesen Werten können vorliegend sowohl die Geometrien der Primärverbrennungszone 26 als auch der Sekundärverbrennungszone 27 der Brennkammer 24 für einen 100 kW Kessel 11 optimiert werden. Die angegebenen Größenbereiche sind Bereiche, mit denen die Anforderungen ebenso (annähernd) erfüllt werden, wie mit den angegebenen exakten Werten.

[0142] Dabei kann vorzugsweise eine Kammergeometrie der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 (bzw. ein Innenvolumen der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24) anhand der folgenden Grundparameter definiert werden:

Ein Volumen mit einer ovalen horizontalen Grundfläche mit den Maßen von 380 mm +- 60mm (vorzugsweise +-30mm) x 320 mm +- 60 mm (vorzugsweise +-30mm), sowie einer Höhe von 538 mm +- 80 mm (vorzugsweise +- 50 mm).

[0143] Als Fortbildung dessen kann das vorstehend definierte Volumen eine obere Öffnung in Form einer Brennkammerdüse 203 aufweisen, die in die Sekundärverbrennungszone 27 der Brennkammer 24 mündet, welche eine in die Sekundärverbrennungszone 27 hineinragende Brennkammerschräge 202 aufweist, welche vorzugsweise das Wärmeübertragungsmedium 38 beinhaltet. Die Brennkammerschräge 202 verringert den Querschnitt der Sekundärverbrennungszone 27 zumindest um 5%, bevorzugt um zumindest 15% und noch mehr bevorzugt um zumindest 19%.

[0144] Die Brennkammerschräge 202 dient der Homogenisierung der Strömung S3 in Richtung des Wärmetauschers 3 und damit der Bestromung der Kesselrohre 32.

[0145] Im Stand der Technik gibt es häufig Brennkammern mit rechteckiger oder polygonaler Brennkammer und Düse, wobei jedoch die unregelmäßige Form der Brennkammer und der Düse ein weiteres Hindernis für eine gleichmäßige Luftverteilung und eine gute Mischung von Luft und Brennstoff darstellt, wie vorliegend erkannt wurde.

[0146] Deshalb ist vorliegend die Brennkammer 24 ohne Totecken oder Totkanten vorgesehen.

[0147] Vorliegend wurde somit erkannt, dass die Geometrie der Brennkammer (und des gesamten Strömungsverlaufs im Kessel) eine maßgebliche Rolle bei den Überlegungen zur Optimierung der Biomasse-Heizanlage 1 spielt. Deshalb wurde (in Abkehr von den üblichen rechteckigen oder mehreckigen Formgebungen) die hierin beschriebene ovale oder runde Grundgeometrie ohne Totecken gewählt. Zudem wurde auch diese Grundgeometrie der Brennkammer und deren Aufbau mit den vorstehend angegebenen Maßen/Maßbereichen optimiert. Dabei sind diese Maße/Maßbereiche derart gewählt, dass insbesondere auch unterschiedliche Brennstoffe (Hackgut und Pellets) mit unterschiedlicher Qualität (beispielsweise mit unterschiedlichem Wassergehalt) bei sehr hohem Wirkungsgrad verbrannt werden können. Dies haben die Praxistests und CFD-Simulationen ergeben.

[0148] Insbesondere kann die Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 ein Volumen umfassen, das bevorzugt im Außenumfang einen ovalen oder annähernd kreisförmigen Horizontalquerschnitt aufweist (ein solcher Querschnitt ist in Fig. 2 beispielhaft mit A1 gekennzeichnet). Dieser Horizontalquerschnitt kann zudem bevorzugt die Grundfläche der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 darstellen. Über die durch den Doppelpfeil BK4 angegebene Höhe kann die Brennkammer 24 einen annähernd gleichbleibenden Querschnitt aufweisen. Insofern kann die Primärverbrennungszone 24 ein annähernd oval-zylindrisches Volumen aufweisen. Bevorzugt können die Seitenwände und die Grundfläche (der Rost) der Primärverbrennungszone 26 senkrecht aufeinander stehen.

[0149] Vorstehend wird der Begriff "annähernd" verwendet, da selbstverständlich einzelne Kerben, konstruktiv bedingte Abweichungen oder kleine Asymmetrien vorhanden sein können, beispielsweise bei den Übergängen der einzelnen Brennkammersteine 29 zueinander. Diese geringfügigen Abweichungen spielen strömungstechnisch jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

[0150] Der Horizontalquerschnitt der Brennkammer 24 und insbesondere der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 kann ebenso bevorzugt regelmäßig ausgeführt sein. Weiter kann der Horizontalquerschnitt der Brennkammer 24 und insbesondere der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 bevorzugt eine regelmäßige (und/oder symmetrische) Ellipse sein.

[0151] Zudem kann der Horizontalquerschnitt (der Außenumfang) der Primärverbrennungszone 26 über eine vorgegebene Höhe, beispielsweise 20 cm, dieser gleichbleibend ausgestaltet sein.

[0152] Damit ist vorliegend eine oval-zylindrische Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 vorgesehen, die nach CFD-Berechnungen eine deutlich gleichmäßigere und bessere Luftverteilung in der Brennkammer 24 ermöglicht als bei rechteckigen Brennkammern des Stands der Technik. Die fehlenden Toträume vermeiden zudem Zonen in der Brennkammer mit schlechter Luftdurchströmung, was die Effizienz steigert und die Schlackebildung verringert.

[0153] Ebenso ist die Düse 203 zwischen der Primärverbrennungszone 26 und der Sekundärverbrennungszone 27 als ovale oder annähernd kreisförmige Verengung ausgestaltet, um ebenso die Strömungsverhältnisse zu optimieren. Der vorstehend erläuterte Drall der Strömung in der Primärverbrennungszone 26 führt zu einem helixförmig nach oben gerichteten Strömungsverlauf, wobei eine ebenso ovale oder annähernd kreisförmige Düse diesen Strömungsverlauf begünstigt, und nicht wie üblich rechteckige Düsen stört. Diese optimierte Düse 203 bündelt die nach oben strömende Luft und sorgt für eine gleichmäßige Zuströmung in die Sekundärverbrennungszone 27. Dies verbessert den Verbrennungsvorgang und erhöht die Effizienz.

[0154] Zudem wird vorliegend der Strömungsverlauf in der Sekundärverbrennungszone 27 und aus der Sekundärverbrennungszone 27 zu den Kesselrohren 32 optimiert, wie nachstehend näher erläutert.

[0155] Die Brennkammerschräge 202 der Fig. 4, welche ohne Bezugszeichen auch in den Fig. 2 und 3 zu erkennen ist und an der sich die Brennkammer 25 (bzw. deren Querschnitt) von unten nach oben hin zumindest annähernd linear verjüngt, sorgt nach CFD-Berechnungen für eine Vergleichmäßigung der Rauchgasströmung in Richtung der Wärmetauscheinrichtung 4, womit deren Effizienz verbessert werden kann. Dabei verjüngt sich die horizontale Querschnittsfläche der Brennkammer 25 von Anfang bis Ende der Brennkammerschräge 202 bevorzugt zumindest um 5%. Die Brennkammerschräge 202 ist dabei auf der Seite der Brennkammer 25 zur Wärmetauscheinrichtung 4 vorgesehen, und ist an der Stelle der maximalen Verjüngung abgerundet vorgesehen. Im Stand der Technik üblich sind parallele bzw. gerade Brennkammerwände ohne eine Verjüngung (um die Rauchgasströmung nicht zu behindern).

[0156] Die Umlenkung des Rauchgasstromes vor dem Rohrbündelwärmetauscher ist derart ausgestaltet, dass eine ungleichmäßige Anströmung der Rohre bestmöglich vermieden wird, womit Temperaturspitzen in einzelnen Kesselrohren 32 niedrig gehalten werden können. In der Folge ist die Effizienz der Wärmetauscheinrichtung 4 verbessert.

[0157] Im Detail wird der gasförmige Volumenstrom des Rauchgases durch die schräge Brennkammerwandung mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit (auch im Falle unterschiedlicher Verbrennungszustände) zu den Wärmetauscherrohren bzw. den Kesselrohren 32 geführt. Dadurch entsteht eine gleichmäßige Wärmeverteilung der einzelnen Kessel-

rohre 32 betreffenden Wärmetauscherflächen. Die Abgastemperatur wird somit gesenkt und der Wirkungsgrad erhöht. Dabei ist die Strömungsverteilung insbesondere an der in der Fig. 3 dargestellten Indikatorlinie WT1 deutlich gleichmäßiger als im Stand der Technik. Die Linie WT1 stellt eine Eintrittsfläche für den Wärmetauscher 3 dar. Die Indikatorlinie WT3 gibt eine beispielshafte Querschnittslinie durch die Filtereinrichtung 4 an, in der die Strömung möglichst homogen eingerichtet ist (u. A. aufgrund von Strömungsblenden am Eingang der Filtereinrichtung 4 und aufgrund der Geometrie der Wendekammer 35).

[0158] Weiter ist im unteren Teil der Brennkammer 25 am Brennstoffbett 28 eine Zündeinrichtung 201 vorgesehen. Diese kann eine Initialzündung oder eine erneute Zündung des Brennstoffes bewirken. Es kann die Zündeinrichtung 201 ein Glühzünder sein. Die Zündeinrichtung ist vorteilhaft ortsfest und horizontal seitlich versetzt zum Ort der Einschüttung des Brennstoffs angeordnet.

[0159] Weiter kann (optional) nach dem Ausgang des Rauchgases (d. h. nach S7) aus der Filtereinrichtung eine Lambdasonde (nicht dargestellt) vorgesehen sein. Durch die Lambdasonde kann eine Steuerung (nicht dargestellt) den jeweiligen Heizwert erkennen. Die Lambdasonde kann somit für das ideale Mischverhältnis zwischen den Brennstoffen und der Sauerstoffzufuhr sorgen. Trotz unterschiedlicher Brennstoffqualitäten werden im Ergebnis eine hohe Effizienz und ein höherer Wirkungsgrad erreichbar.

[0160] Das in Fig. 5 gezeigte Brennstoffbett 28 zeigt eine beispielhafte Brennstoffverteilung aufgrund der Zuführung des Brennstoffs von der rechten Seite der Fig. 5. Dieses Brennstoffbett 28 wird von unten mit einem Rauchgas-Frischluf-Gemisch beströmt, das von der Rezirkulationseinrichtung 5 bereitgestellt wird. Dieses Rauchgas-Frischluf-Gemisch ist vorteilhaft vortemperierte und weist die ideale Menge (Massenstrom) und das ideale Mischungsverhältnis auf, so wie das eine nicht näher gezeigte Anlagensteuerung aufgrund diverser sensorisch erfasster Messwerte und zugehöriger Luftventile 52 regelt.

[0161] Weiter ist in den Fig. 4 und 5 eine Brennkammerdüse 203 gezeigt, die die Primärverbrennungszone 26 von der Sekundärverbrennungszone 27 trennt und die Rauchgasströmung beschleunigt und bündelt. Dadurch wird die Rauchgasströmung besser durchmischt und kann in der Sekundärverbrennungszone 27 effizienter verbrennen. Das Flächenverhältnis der Brennkammerdüse 203 liegt in einem Bereich von 25% bis 45%, beträgt jedoch bevorzugt 30% bis 40%, und ist idealerweise $36\% \pm 1\%$ (Verhältnis der gemessenen Eingangsfläche zur gemessenen Ausgangsfläche der Düse 203).

[0162] Mithin stellen die vorstehenden Angaben zur Brennkammergeometrie der Primärverbrennungszone 26 zusammen mit der Geometrie der Düse 203 eine vorteilhafte Weiterbildung der vorliegenden Offenbarung dar.

(Brennkammersteine und Einsicht auf den Drehrost)

[0163] Die Fig. 6 zeigt eine dreidimensionale Schnittansicht (von schräg oben) auf die Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 mit dem Drehrost 25, und insbesondere auf die besondere Ausgestaltung der Brennkammersteine 29. Die Fig. 7 zeigt entsprechend zur Fig. 6 eine Explosionsdarstellung der Brennkammersteine 29. Die Ansichten der Fig. 6 und 7 können bevorzugt mit den vorstehend aufgeführten Abmessungen der Fig. 4 und 5 ausgeführt sein. Dies ist jedoch nicht zwingend der Fall.

[0164] Die Kammerwand der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 ist mit einer Mehrzahl von Brennkammersteinen 29 in einem modularen Aufbau vorgesehen, was unter anderem die Fertigung und die Wartung erleichtert. Die Wartung wird insbesondere durch die Möglichkeit der Entnahme einzelner Brennkammersteine 29 erleichtert.

[0165] An den Auflageflächen 260 der Brennkammersteine 29 sind formschlüssige Nuten 261 und Vorsprünge 262 (in Fig. 6 sind zur Vermeidung von Redundanzen in den Figuren exemplarisch nur jeweils ein paar dieser bezeichnet) vorgesehen, um eine mechanische und weitgehend luftdichte Verbindung zu schaffen, um wiederum das Eindringen von störender Fremdluft zu vermeiden. Bevorzugt bilden je zwei zumindest weitgehend symmetrische Brennkammersteine (mit Ausnahme eventuell der Öffnungen für das Rezi-Gas) einen vollständigen Ring aus. Weiter sind bevorzugt drei Ringe aufeinander gestapelt, um die oval-zylindrische oder alternativ auch zumindest annähernd kreisförmige (Letzteres ist nicht dargestellt) Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 auszubilden.

[0166] Als oberer Abschluss sind drei weitere Brennkammersteine 29 vorgesehen, wobei die ringförmige Düse 203 durch zwei Halterungssteine 264 gelagert wird, die formschlüssig auf den oberen Ring 263 aufgesetzt werden. Bei allen Auflageflächen 260 sind Nuten 261 entweder für passende Vorsprünge 262 und/oder zur Einfügung von geeignetem Dichtmaterial vorgesehen.

[0167] Die Halterungssteine 264, welche bevorzugt symmetrisch ausgebildet sind, können bevorzugt eine nach innen geneigte Schräge 265 aufweisen, um ein Abkehren von Flugasche auf den Drehrost 25 zu vereinfachen.

[0168] Der untere Ring 263 der Brennkammersteine 29 liegt auf einer Bodenplatte 251 des Drehrosts 25 auf. An der Innenkannte zwischen diesem unteren Ring 263 der Brennkammersteine 29 lagert sich vermehrt Asche ab, was somit diesen Übergang vorteilhaft im Betrieb der Biomasse-Heisanlage 1 selbstständig und vorteilhaft abdichtet.

[0169] Im mittleren Ring der Brennkammersteine 29 sind die (optionalen) Öffnungen für die Rezirkulationsdüsen 291 vorgesehen.

[0170] Vorliegend sind drei Ringe von Brennkammersteinen 29 vorgesehen, da dies den effizientesten Weg der Herstellung und auch der Wartung darstellt. Alternativ können auch zwei, vier oder fünf (2, 4 oder 5) solcher Ringe vorgesehen sein.

[0171] Die Brennkammersteine 29 bestehen vorzugsweise aus Hochtemperatur-Siliziumkarbid, wodurch diese sehr verschleißfest sind.

[0172] Die Brennkammersteine 29 sind als Formsteine vorgesehen. Die Brennkammersteine 29 sind derart geformt, dass das Innenvolumen der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 einen ovalen Horizontalquerschnitt aufweist, womit durch eine ergonomische Formgebung Totecken bzw. Toträume vermieden werden, die üblicherweise von der Primärluft nicht optimal durchströmt werden, wodurch der dort vorhandene Brennstoff nicht optimal verbrannt wird. Aufgrund der vorliegenden Formgebung der Brennkammersteine 29 wird die Durchströmung mit Primärluft und folglich die Effizienz der Verbrennung verbessert.

[0173] Der ovale Horizontal querschnitt der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 ist bevorzugt ein punktsymmetrisches und/oder regelmäßiges Oval mit dem kleinsten Innendurchmesser BK3 und dem größten Innendurchmesser BK11. Diese Maße waren das Ergebnis der Optimierung der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 mittels CFD-Simulation und von praktischen Versuchen.

(Drehrost)

[0174] Fig. 8 zeigt eine Aufsicht auf den Drehrost 25 von oben aus Sicht der Schnitlinie A1 der Fig. 2 zur Veranschaulichung von verschiedenen grundsätzlich möglichen Betriebszuständen des Drehrosts 25.

[0175] Die Aufsicht der Fig. 8 kann bevorzugt mit den vorstehend aufgeführten Abmessungen ausgeführt sein. Dies ist jedoch nicht zwingend der Fall.

[0176] Der Drehrost 25 weist die Bodenplatte 251 als Basiselement auf. In einer grob ovalförmigen Öffnung der Bodenplatte 251 ist ein Übergangselement 255 vorgesehen, welches einen Zwischenraum zwischen einem ersten Drehrostelement 252, einem zweiten Drehrostelement 253 und einem dritten Drehrostelement 254 überbrückt, welche drehbar gelagert sind. Damit ist der Drehrost 25 als Drehrost mit drei Einzelelementen vorgesehen, d. h. dieser kann auch als 3-fach Drehrost bezeichnet werden. In den Drehrostelementen 252, 253 und 254 sind Luftlöcher zur Durchströmung mit Primärluft vorgesehen.

[0177] Die Drehrostelemente 252, 253 und 254 sind flache und hitzebeständige Metallplatten, beispielsweise aus einem Metallguss, die auf deren Oberseite eine zumindest weitgehend eben konfigurierte Oberfläche aufweisen und an deren Unterseite mit den Lagerachsen 81 beispielsweise über Zwischenhalterungselemente verbunden sind. Von oben betrachtet weisen die Drehrostelemente 252, 253 und 254 gekrümmte und komplementäre Seiten bzw. Umrisse auf.

[0178] Insbesondere können die Drehrostelemente 252, 253, 254 zueinander komplementäre und gekrümmte Seiten aufweisen, wobei vorzugsweise das zweite Drehrostelement 253 jeweils zu dem benachbarten ersten und dritten Drehrostelement 252, 254 konkave Seiten aufweist, und vorzugsweise das erste und dritte Drehrostelement 252, 254 jeweils zu dem zweiten Drehrostelement 253 hin eine konvexe Seite aufweist. Damit wird die Brecherfunktion der Drehrostelemente verbessert, da die Länge des Bruchs vergrößert wird und die zum Brechen wirkenden Kräfte (ähnlich wie bei einer Schere) gezielter angreifen.

[0179] Die Drehrostelemente 252, 253 und 254 (sowie deren Umfassung in Form des Übergangselements 255) weisen gemeinsam betrachtet in der Aufsicht eine annähernd ovale Außenform auf, womit hier wiederum Totecken bzw. Toträume vermieden werden, in denen eine nicht optimale Verbrennung stattfinden könnte oder sich Asche unerwünscht ansammeln könnte. Die optimalen Abmessungen dieser Außenform der Drehrostelemente 252, 253 und 254 sind in Fig. 8 mit den Doppelpfeilen DR1 und DR2 bezeichnet. Bevorzugt, aber nicht ausschließlich, sind DR1 und DR2 wie folgt definiert:

DR1 = 288 mm +/- 40 mm, bevorzugt +/- 20 mm

DR2 = 350 mm +/- 60 mm, bevorzugt +/- 20 mm

[0180] Diese Werte haben sich bei den CFD-Simulationen und dem folgenden Praxistest als Optimalwerte (-bereiche) herausgestellt. Diese Maße korrespondieren mit denen der Fig. 4 und 5. Diese Maße sind insbesondere für die Verbrennung von unterschiedlichen Brennstoffen bzw. den Brennstoffarten Hackgut und Pellets (Hybridfeuerung) in einem Leistungsbereich von 20 bis 200 kW vorteilhaft.

[0181] Dabei weist der Drehrost 25 eine ovale Verbrennungsfläche 258 auf, die für die Brennstoffverteilung, die Luftdurchströmung des Brennstoffs und den Abbrand des Brennstoffs günstiger ist als eine übliche rechteckige Verbrennungsfläche. Die Verbrennungsfläche 258 wird im Kern durch die Oberflächen der Drehrostelemente 252, 253 und 254 (im horizontalen Zustand) gebildet. Die Verbrennungsfläche ist somit die nach oben zeigende Oberfläche der Drehrostelemente 252, 253 und 254. Diese ovale Verbrennungsfläche entspricht vorteilhaft der Brennstoffauflagefläche, wenn der Brennstoff seitlich auf den Drehrost 25 aufgebracht bzw. aufgeschoben wird (vgl. der Pfeil E der Fig. 9, 10 und 11).

Insbesondere kann die Brennstoffzufuhr aus einer Richtung erfolgen, die parallel zu einer längeren Mittelachse (Hauptachse) der ovalen Verbrennungsfläche des Drehrosts 25 liegt.

[0182] Das erste Drehrostelement 252 und das dritte Drehrostelement 254 können bevorzugt in deren Verbrennungsfläche 258 identisch ausgebildet sein. Weiter können das erste Drehrostelement 252 und das dritte Drehrostelement 254 identisch oder baugleich zueinander sein. Dies ist beispielsweise in Fig. 9 zu sehen, wobei das erste Drehrostelement 252 und das dritte Drehrostelement 254 die gleiche Form aufweisen.

[0183] Weiter ist das zweite Drehrostelement 253 zwischen dem ersten Drehrostelement 252 und dem dritten Drehrostelement 254 angeordnet.

[0184] Bevorzugt ist der Drehrost 25 mit einer annähernd punktsymmetrischen ovalen Verbrennungsfläche 258 vorgesehen.

[0185] Ebenso kann der Drehrost 25 eine annähernd elliptische bzw. ovale Verbrennungsfläche 258 ausbilden, wobei DR2 die Maße von deren Hauptachse und DR1 die Maße von deren Nebenachse sind.

[0186] Weiter kann der Drehrost 25 eine annähernd ovale Verbrennungsfläche 258 aufweisen, welche achsensymmetrisch in Bezug auf eine Mittenachse der Verbrennungsfläche 258 ist.

[0187] Weiter kann der Drehrost 25 eine annähernd kreisförmige Verbrennungsfläche 258 aufweisen, wobei dies geringfügige Nachteile bei der Brennstoffzuführung und-verteilung nach sich zieht.

[0188] Weiter sind zwei Motoren bzw. Antriebe 231 der Drehmechanik 23 vorgesehen, mit denen die Drehrostelemente 252, 253 und 254 entsprechend gedreht werden können. Dabei sind, vorzugsweise an den Drehachsen 81, Drehwinkelsensoren 259 (vorliegend freigestellt dargestellt) zur Erfassung des Drehwinkels bzw. der Drehstellung der Drehachsen 81 vorgesehen. Mit den Drehwinkelsensoren 259 kann die Lage der Drehrostelemente 252, 253, 254, beispielsweise in Bezug auf die Horizontale bzw. Ruhelage derselben, bestimmt werden. Näheres zur besonderen Funktion und zu den Vorteilen des vorliegenden Drehrosts 25 wird später mit Bezug auf die Figuren 9, 10 und 11 beschrieben.

[0189] Insbesondere bei Pelletheizungen kann es vermehrt zu Ausfällen durch SchlackeBildung in der Brennkammer 24, insbesondere auf dem Drehrost 25, kommen. Schlacke entsteht bei einem Verbrennungsvorgang immer dann, wenn in der Glut Temperaturen über dem Ascheschmelzpunkt erreicht werden. Die Asche wird dann weich, verklebt und bildet nach dem Abkühlen feste, dunkel gefärbte Schlacke. Dieser auch als Versinterung bezeichnete Vorgang ist bei der Biomasse-Heizanlage 1 unerwünscht, da es durch die Anreicherung von Schlacke in der Brennkammer 24 zu einer Funktionsstörung kommen kann: sie schaltet sich ab. Die Brennkammer 24 muss üblicherweise geöffnet werden und die Schlacke muss entfernt werden.

[0190] Der Ascheschmelzpunkt hängt ganz wesentlich von dem verwendeten Brennmaterial ab. Fichtenholz hat beispielsweise einen Ascheschmelzpunkt von ca. 1200 °C. Doch auch der Ascheschmelzpunkt eines Brennstoffes kann starken Schwankungen unterliegen. Je nach Menge und Zusammensetzung der im Holz enthaltenen Mineralien ändert sich das Verhalten der Asche im Verbrennungsprozess.

[0191] Ein weiterer Faktor, der die SchlackeBildung beeinflussen kann, sind Transport und Lagerung der Holzpellets oder der Hackschnitzel. Diese sollten nämlich möglichst unbeschädigt in die Brennkammer 24 gelangen. Sind die Holzpellets bereits zerbröckelt, wenn sie in den Verbrennungsprozess gelangen, so erhöht sich dadurch die Dichte des Glutbetts. Stärkere SchlackeBildung ist die Folge. Insbesondere der Transport vom Lagerraum zur Brennkammer 24 ist hier von Bedeutung. Besonders lange Wege, sowie Bögen und Winkel, führen zu einer Beschädigung der Holzpellets. Damit besteht ein Problem darin, dass die Schlackenbildung aufgrund der vorstehend beschriebenen Vielzahl von Einflussfaktoren nicht komplett vermieden werden kann.

[0192] Ein weiterer Faktor betrifft die Führung des Verbrennungsvorgangs. Bislang war man bestrebt, die Temperaturen eher hoch zu halten, um einen möglichst hohen Ausbrand und niedrige Emissionen zu erzielen. Durch eine optimierte Brennkammergeometrie und Geometrie der Verbrennungszone 258 des Drehrosts 25 ist es möglich, die Verbrennungstemperatur niedriger zu halten, und somit die SchlackeBildung zu verringern.

[0193] Zudem kann entstehende Schlacke (und auch die Asche) durch die besondere Formgebung und die Funktionalität des vorliegenden Drehrosts 25 vorteilhaft entfernt werden. Dies wird nun mit Bezug auf die Figuren 9, 10 und 11 näher erläutert.

(Abreinigung des Drehrosts)

[0194] Die Figuren 9, 10 und 11 zeigen eine dreidimensionale Ansicht des Drehrosts 25 mit der Bodenplatte 251, dem ersten Drehrostelement 252, dem zweiten Drehrostelement 253 und dem dritten Drehrostelement 254. Die Ansichten der Fig. 9, 10 und 11 können bevorzugt mit den vorstehend aufgeführten Abmessungen korrespondieren. Dies ist jedoch nicht zwingend der Fall.

[0195] Diese Ansicht zeigt den Drehrost 25 als freigestelltes Einschubteil mit Drehrostmechanik 23 und Antrieb(en) 231. Der Drehrost 25 ist mechanisch derart vorgesehen, dass er nach Art des Baukastensystems einzeln vorgefertigt werden kann, und als Einschubteil in eine vorgesehene längliche Öffnung des Kessels 11 eingeführt und eingebaut werden kann. Dies erleichtert zudem die Wartung dieses verschleißanfälligen Teils. Damit kann der Drehrost 25 bevorzugt

modular ausgebildet sein, wobei dieser als Komplettteil mit Drehrostmechanik 23 und Antrieb 231 schnell und effizient entnommen und wieder eingesetzt werden kann. Der modularisierte Drehrost 25 kann damit auch mittels Schnellverschlüssen montiert und demontiert werden. Im Gegensatz dazu sind die Drehroste des Stands der Technik regelmäßig fest montiert, und somit schwer zu warten oder zu montieren.

[0196] Der Antrieb 231 kann zwei getrennt ansteuerbare Elektromotoren aufweisen. Diese sind vorzugsweise seitlich an der Drehrostmechanik 23 vorgesehen. Die Elektromotoren können Untersetzungsgetriebe aufweisen. Alternativ kann auch nur ein einzelner Antrieb 231 vorgesehen sein.

[0197] Weiter kann zumindest ein Endanschlag bzw. ein Endschalter vorgesehen sein, der zumindest einen Endanschlag für die Endposition der Drehrostelemente 252, 253 und 254 erfasst.

[0198] Ebenso kann zumindest ein Drehlagesensor bzw. Drehwinkelsensor 259 bzw. ein Positionssensor 259 vorgesehen sein, welcher eine (Dreh-)Position der Drehachse 81 und damit der Drehrostelemente 252, 253, 254 erfassen kann. Der Drehlagesensor 259 kann beispielsweise ein bekannter magnetischer Winkelmesser bzw. Drehgeber sein, der einen Absolutwinkel ausgibt. Diese Sensoren haben eine Achse, deren Drehung erfasst wird, wobei beispielsweise ein digitales Signal, ein analoges Signal (beispielsweise eine lineare Spannung) in Abhängigkeit zum erfassten Winkel ausgegeben wird. Der Drehlagesensor 259 kann mittelbar oder unmittelbar die Drehung bzw. Drehlage der Achse 81 erfassen. Der Drehlagesensor kann beispielsweise mit seiner Achse direkt auf der Achse 81 montiert sein, um deren Drehung zu erfassen. Alternativ kann der Drehlagesensor auch über eine Mechanik (beispielsweise Zahnräder) mit der Achse 81 mittelbar verbunden sein.

[0199] Die Einzelkomponenten der Drehrostmechanik 23 sind austauschbar vorgesehen. Beispielsweise sind die Zahnräder aufsteckbar vorgesehen. Dies erleichtert die Wartung und auch einen Seitenwechsel der Mechanik bei der Montage, falls erforderlich.

[0200] In den Drehrostelementen 252, 253 und 254 des Drehrosts 25 sind die schon erwähnten Öffnungen 256 vorgesehen. Die Drehrostelemente 252, 253 und 254 können über deren jeweilige Lagerachsen 81, die über die Drehmechanik 23 von dem Antrieb 231, vorliegend den beiden Motoren 231, angetrieben werden, jeweils zumindest um 90 Grad, bevorzugt zumindest um 120 Grad, noch mehr bevorzugt um 170 Grad um die jeweilige Lager- bzw. Drehachse 81 gedreht werden. Dabei kann der maximale Drehwinkel 180 Grad oder auch etwas weniger als 180 Grad sein, so wie das die Rostlippen 257 zulassen. Ebenso ist eine freie Drehung um 360 Grad denkbar, falls keine drehbegrenzenden Rostlippen vorgesehen sind. Dabei ist die Drehmechanik 23 derart eingerichtet, dass das dritte Drehrostelement 254 einzeln und unabhängig vom ersten Drehrostelement 252 und vom zweiten Drehrostelement 243 gedreht werden kann, und dass das erste Drehrostelement 252 und das zweite Drehrostelement 243 gemeinsam und unabhängig von dem dritten Drehrostelement 254 gedreht werden können. Die Drehmechanik 23 kann beispielsweise mittels Laufrädern, Zahn- oder Antriebsriemen und/oder Zahnrädern entsprechend vorgesehen sein.

[0201] Die Drehrostelemente 252, 253 und 254 können bevorzugt als Gussrost mit einem Laserzuschnitt hergestellt werden, um eine exakte Formhaltigkeit sicherzustellen. Dies insbesondere, um die Luftführung durch das Brennstoffbett 28 so genau wie möglich zu definieren, und störende Luftströmungen, beispielsweise Luftstrahlen an den Rändern der Drehrostelemente 252, 253 und 254, zu vermeiden.

[0202] Die Öffnungen 256 in den Drehrostelementen 252, 253 und 254 sind derart eingerichtet, dass diese für das übliche Pelletmaterial und/oder die üblichen Hackschnitzel klein genug sind, dass diese nicht hindurchfallen, und dass diese groß genug sind, dass der Brennstoff gut mit Luft beströmt werden kann.

[0203] Fig. 9 zeigt nun den Drehrost 25 in geschlossener Position bzw. in einer Arbeitsposition (d.h. einem ersten Zustand), wobei alle Drehrostelemente 252, 253 und 254 horizontal ausgerichtet bzw. geschlossen sind. Dies ist die Position im Regelbetrieb. Durch die gleichmäßige Anordnung der Vielzahl der Öffnungen 256 wird eine gleichmäßige Durchströmung des Brennstoffbetts 28 (dieses ist in Fig. 9 nicht dargestellt) auf dem Drehrost 25 sichergestellt. Insofern kann hier der optimale Verbrennungszustand hergestellt werden. Der Brennstoff wird aus Richtung des Pfeiles E auf den Drehrost 25 aufgebracht; insofern wird der Brennstoff von der rechten Seite der Fig. 9 auf den Drehrost 25 hinaufgeschoben.

[0204] Im Betrieb sammeln sich Asche und/oder Schlacke auf dem Drehrost 25 und insbesondere auf den Drehrostelementen 252, 253 und 254 an. Mit dem vorliegenden Drehrost 25 kann eine effiziente Abreinigung des Drehrosts 25 erfolgen.

[0205] Es sind zudem zwei Drehlagesensoren 259 angedeutet, welche die Drehlage der Lagerachsen 81 erfassen können. Diese Drehlagesensoren 259 können beispielsweise magnetisch-induktive Sensoren sein. Dies dient der Regelung der Drehlage der drei Drehrostelemente 252, 253, 254.

[0206] Fig. 10 zeigt den Drehrost in dem Zustand einer Teilabreinigung des Drehrosts 25 im Gluterhaltungsbetrieb (d.h. in einem zweiten Zustand). Dazu wird nur das dritte Drehrostelement 254 gedreht (vgl. Pfeil D1). Dadurch, dass nur eines der drei Drehrostelemente gedreht wird, erhält sich die Glut auf dem ersten und dem zweiten Drehrostelement 252, 253, während zugleich die Asche und Schlacke nach unten aus der Brennkammer 24 hinausfallen kann. In der Folge ist keine externe Zündung zur Wiederaufnahme des Betriebs erforderlich (dies spart bis zu 90% Zündenergie). Eine weitere Folge sind eine Verschleißminderung der Zündeinrichtung (beispielsweise eines Zündstabes) und eine

Stromersparnis. Weiter kann vorteilhaft eine Aschereinigung im Betrieb der Biomasse-Heisanlage 1 erfolgen.

[0207] Fig. 10 zeigt ebenso einen Zustand der Gluterhaltung während einer (oft schon ausreichenden) Teilabreinigung. Damit kann der Betrieb der Anlage 1 vorteilhaft kontinuierlicher erfolgen, womit im Gegensatz zur üblichen Vollabreinigung eines herkömmlichen Rostes keine langwierige vollständige Zündung erfolgen muss, die einige zehn Minuten in Anspruch nehmen kann.

[0208] Zudem wird eine potentielle Schlacke an den beiden Außenkanten des dritten Drehrostelements 254 bei der Drehung dessen (auf-)gebrochen, wobei aufgrund der kurvenförmigen Außenkanten des dritten Drehrostelements 254 nicht nur die Abscherung über eine größere Gesamtlänge als bei herkömmlichen rechteckigen Elementen des Stands der Technik erfolgt, sondern auch mit einer ungleichmäßigen Bewegungsverteilung in Bezug auf die Außenkante (in der Mitte erfolgt eine größere Bewegung als an den unteren und oberen Rändern). Damit ist die Brecherfunktion des Drehrosts 25 deutlich verstärkt.

[0209] In Fig. 10 sind (beidseitige) Rostlippen 257 des zweiten Drehrostelements 253 erkennbar. Diese Rostlippen 257 sind derart eingerichtet, dass das erste Drehrostelement 252 und das dritte Drehrostelement 254 im geschlossenen Zustand dieser auf der Oberseite der Rostlippen 257 aufliegen, und somit die Drehrostelemente 252, 253 und 254 zueinander spaltfrei vorgesehen und damit dichtend vorgesehen sind. Damit werden Luftsträhnen und unerwünschte Primärluftströmungen durch das Glutbett vermieden. Vorteilhaft wird damit die Effizienz der Verbrennung verbessert.

[0210] Fig. 11 zeigt den Drehrost 25 im Zustand der Universalabreinigung bzw. in einem geöffneten Zustand (d.h. einem dritten Zustand), welche bevorzugt während eines Anlagenstillstands durchgeführt wird. Dabei werden alle drei Drehrostelemente 252, 253 und 254 gedreht, wobei das erste und zweite Drehrostelement 252, 253 bevorzugt in die entgegengesetzte Richtung gedreht werden wie das dritte Drehrostelement 254 (vgl. Pfeile D2). Realisiert wird damit einerseits eine vollständige Entleerung des Drehrosts 25, und andererseits wird die Schlacke nunmehr an vier ungeraden Außenkanten aufgebrochen. Mit anderen Worten wird eine vorteilhafte 4-fache Brecherfunktion realisiert. Das vorstehend in Bezug auf Fig. 9 zu der Geometrie der Außenkanten Erläuterte gilt auch in Bezug auf Fig. 10.

[0211] Zusammengefasst realisiert der vorliegende Drehrost 25 neben dem Normalbetrieb (vgl. Fig. 9) vorteilhaft zwei unterschiedliche Arten der Abreinigung (vgl. Fig. 10 und 11), wobei die Teilabreinigung eine Abreinigung während des Betriebs der Anlage 1 erlaubt.

[0212] Im Vergleich dazu sind marktübliche Drehrostsysteme nicht ergonomisch und haben durch ihre rechteckige Geometrie nachteilige Totecken, in welchen die Primärluft den Brennstoff nicht optimal durchströmen kann. An diesen Ecken kommt es gehäuft zu einer Schlackenbildung. Dies sorgt für eine schlechtere Verbrennung mit einem schlechteren Wirkungsgrad.

[0213] Der vorliegende einfache mechanische Aufbau des Drehrosts 25 gestaltet diesen robust, zuverlässig und langlebig.

[0214] Ein Problem bei den Bewegungen, welche mit den Pfeilen D1 und D2 eingezeichnet sind, besteht in der Möglichkeit der Blockade der Bewegung durch Verbrennungsrückstände und auch durch unerwünschte Inhalte in dem Brennstoff (beispielsweise Nägel, Metallsplinter oder Ähnliches). Eine solche Blockade bei der Drehung könnte, ohne die hierin beschriebene Blockadeerfassung, zu einer Beschädigung der Antriebsmechanik oder der Motoren 231 führen. Umgekehrt soll der Drehrost 25 allerdings seine vorstehend beschriebene Brecherfunktion ausführen können, d.h., Schlacke brechen, und dabei allerdings gleichzeitig nicht durch "härtere" bzw. "permanentere" Blockierer beschädigt werden.

[0215] Später sind entsprechende Lösungen für dieses Problem beschrieben.

[0216] Um die Abreinigung der Biomasse-Heisanlage 1 im Kontext des Betriebs dieser darzustellen, wird nachstehend mit Bezug auf Fig. 12 ein Verbrennungsbetrieb bzw. ein Betriebsverfahren der Biomasse-Heisanlage 1 erläutert.

(Betriebsverfahren für die Biomasse-Heisanlage 1)

[0217] Fig. 12 zeigt ein allgemeines Betriebsverfahren der Biomasse-Heisanlage 1 für einen Verbrennungszyklus.

[0218] Ein Verbrennungszyklus findet während eines Verbrennungsbetriebs der Biomasse-Heisanlage 1 statt. Dabei kann im Verbrennungsbetrieb, je nach Energiebedarf, auch mehr als ein Verbrennungszyklus nacheinander stattfinden. So können im Verbrennungsbetrieb mehrere Verbrennungszyklen ausgeführt werden.

[0219] Weiter kann die Biomasse-Heisanlage 1 auch im Stand-By betrieben werden, in welchem kein Verbrennungsbetrieb stattfindet, und die Biomasse-Heisanlage auf deren Einsatz zuwartet.

[0220] Nach einem Start des Verbrennungszyklus, üblicherweise durch Einschalten der Biomasse-Heisanlage 1 durch einen Nutzer mit Anforderung eines aktiven Kesselbetriebs oder durch eine externe (Heiz-)Automatik, kann zunächst bei dem optionalen Schritt S50 ein Vorbereiten des Verbrennungsvorgangs erfolgen.

[0221] Bei dem Vorbereiten des Schritts S50 kann die Biomasse-Heisanlage mechanisch und elektronisch initialisiert werden. Dabei kann beispielsweise das Betriebssystem der Steuereinrichtung 100 hochfahren, es kann ein Selbsttest der Elektronik durchgeführt werden und/oder es können die Drehrostelemente 252, 253, 254 um einen vorbestimmten Winkel angedreht (geöffnet) werden, um etwaige Ablagerungen auf dem Rost zu entfernen und die Mechanik vor einem

Verbrennungsvorgang zu testen. Bei einem solchen Mechaniktest des Drehrosts 25 kann mittels der Dreh(geber)sensoren überprüft werden, ob eine Ansteuerung der Motoren 231 der Drehmechanik zum gewünschten Ergebnis führt, oder ob etwas blockiert ist. Weiter können die mechanische Kesselreinigung (über Tubulatoren), die Entaschung und die optionale Elektrofilterabreinigung für eine vordefinierte Zeit (z.B. 30 Sekunden) betrieben werden. Auch kann ein Spülen der Luftwege des Kessels 11 erfolgen. Hierzu wird die Biomasse-Heisanlage durch Öffnen der Primärluft- und Sekundärluftventile mit Luft gespült. Dann werden die Luftschieber geschlossen und die Rauchgasrezirkulationsleitung wird gespült.

[0222] Im nächsten Schritt S52 erfolgt ein Füllen der Brennkammer 24 mit Brennstoff. Dabei wird der Brennstoff über die Brennstoffzufuhr 6 auf den Drehrost 25 gefördert, bis eine vorbestimmte Brennstoffbetthöhe erreicht ist. Dazu wird die Brennstoffbetthöhe mit dem Brennstoffbetthöhensensor 116 gemessen. Der Brennstoffbetthöhensensor 116 ist beispielsweise eine mechanische Niveaукlappe 86 mit einem Drehwinkelsensor.

[0223] Als Nächstes erfolgt ein Zünden des Brennstoffs in Schritt S52. Dies kann auch als Zündphase bezeichnet werden. Dabei wird dem Brennstoff über die Zündeinrichtung 201 Energie zugeführt, bis dieser brennt. Des Weiteren können die Ventile bzw. Ventilstellungen beim Zünden des Brennstoffs derart eingestellt werden, dass diese das Zünden des Brennstoffs begünstigen. Bei einem solchen Zünden wird im Übrigen auch das Gebläse 15 aktiviert, um einen entsprechenden Unterdruck in der Brennkammer 24 zu erzeugen. Die Primärluft- und Sekundärventile können dabei auf vordefinierte Werte (z.B.: 60% und 15%) gestellt werden und es wird ein vordefinierter Unterdruck in der Brennkammer (z.B. 75 Pa) eingeregelt.

[0224] Erreicht nun die Biomasse-Heisanlage 1 eine vorbestimmte Brennraum- bzw. Brennkammertemperatur (beispielsweise 50°C) und/oder ein vorbestimmtes Lambda (beispielsweise 17%), geht die Biomasse-Heisanlage 1 zu Schritt S53 über, der Stabilisierung der Verbrennung. Bei diesem Schritt, der auch als Stabilisierungsphase bezeichnet wird, wird ein Entzünden des Brennstoffbetts weiter gefördert. Entsprechend werden die Stellungen der Luftventile 52, die Funktion des Gebläses 15 und auch die Brennstoffzufuhr angepasst. Dabei sollen sich der Kessel 11 und auch die Brennkammer 24 weiter erwärmen. Vorzugsweise soll der Verbrennungsvorgang sukzessive in einen stationären Zustand übergehen, in welchem aus thermodynamischer Sicht ein Gleichgewicht herrscht. Erhöht sich die Verbrennungstemperatur bis auf einen vorbestimmten Wert, beispielsweise 400°C, ist Schritt S53 abgeschlossen.

[0225] Entsprechend geht das Verfahren zu Schritt S54 über: der stabilisierten Verbrennung und dem eigentlichen Heizbetrieb. In diesem Schritt S54 erfolgt eine Regelung der Leistungsabgabe bzw. der Verbrennungsintensität mittels der Brennstoffzufuhr 6, des Gebläses 15, der Stellung der Ventile 52, und weiterer Aktoren basierend auf den Sensordaten von Sensoren der Biomasse-Heisanlage 1, beispielsweise basierend auf der Brennkammertemperatur, dem Lambda-Wert und/oder der Kessel(wasser bzw. -medium)temperatur. Hierbei kann eine brennstoffabhängige Leistungsregelung zum Einsatz kommen.

[0226] Der Schritt S54 wird beendet, wenn beispielsweise genügend Wärmeleistung zur Verfügung gestellt wurde und/oder ein vollständiger Abbrand des Brennstoffs im Kessel 11 erfasst und berechnet wird.

[0227] Danach findet bei Schritt S55 ein Ausbrennen der Brennkammer 24 und insbesondere des Drehrosts 25 statt. Dabei wird die Brennstoffzufuhr beendet und es sinkt die Brennkammertemperatur. Es verbrennen die Reste des Brennstoffs auf dem Drehrost 25. Hierzu können beispielsweise auch die Stellungen der Ventile 52 und das Gebläse 15 entsprechend eingestellt werden. Am Ende des Ausbrennens erfolgt eine Abreinigung des Drehrosts 25 durch entsprechendes Drehen bzw. Öffnen der Drehröstelemente.

[0228] Bei Schritt S55, dem Ausbrennen, kann die Primärluftzufuhr vergrößert werden, (beispielsweise können die Ventile zur Regelung der Primärluftzufuhr vollständig geöffnet werden), um den Vorgang des Abbrennens in dem Kessel und insbesondere in der Brennkammer 24 zu beschleunigen und diesen Schritt, bzw. diese Phase des Kesselzyklus, möglichst kurz zu halten. Insofern sollen bei diesem Schritt S55 die kohlenstoffhaltigen Reste in der Brennkammer 24 möglichst schnell und vollständig verbrannt werden. Dabei steigt üblicherweise die Temperatur in der Brennkammer 24 nochmals kurzfristig an.

[0229] Nach Beendigung des Schritts S55 kann das Verfahren deaktiviert werden (ENDE), oder aber kann das Verfahren (nach einiger Zeit) erneut starten und dann zu Schritt S50 übergehen, womit ein erneuter Verbrennungszyklus bzw. Heizzyklus beginnt.

[0230] Fig. 13 zeigt ein Leistungsdiagramm eines beispielhaften Zyklus des Verbrennungsbetriebs der Biomasse-Heisanlage 1 von Zündung (S52) bis zum Ausbrennen (S55). Der Einfachheit halber sind die Vorgänge des Vorbereitens (S50) und des Füllens (S50) vorliegend weggelassen

[0231] Im Leistungsdiagramm der Fig. 13 ist mit dem Pfeil S52 in etwa der Vorgang des (erneuten) Zündens des Brennstoffs gekennzeichnet. Der Brennstoff fängt Feuer und die Leistung steigt aufgrund des noch unverbrauchten Brennstoffs schnell an. In etwa im Bereich des Pfeils S53 wird eine Stabilisierung des Verbrennungsvorgangs vollzogen, womit die Leistung nach etwas Fluktuation auf den gewünschten Sollleistungswert stabilisiert wird. In etwa im Bereich der Pfeile S54 findet der (stabilisierte) Verbrennungsvorgang statt, womit eine relativ konstante Leistungsabgabe des Kessels 11 erfolgt. Etwa bei S55 findet ein Ausbrennen der Biomasse-Heisanlage mit der damit einhergehenden Leistungsspitze statt, wobei der Beginn der Erhöhung der Primärluftzufuhr in Fig. 13 mit "I" angegeben ist. Durch diese

erhöhte Primärluftzufuhr werden die noch unverbrannten Brennstoffrückstände verbrannt, womit vermieden wird, dass unverbrannter Brennstoff aus dem Kessel 11 abgereinigt wird.

[0232] Danach endet der gezeigte Verbrennungszyklus endgültig, die Leistung und die Brennkammertemperatur fallen ab.

[0233] Mit der Kesselleistung in etwa gleich verlaufend ist die Kesseltemperatur und auch die Temperatur in der Brennkammer 24. Insofern gibt es in einem Verbrennungszyklus Temperaturspitzen bzw. -maxima zu Beginn des Verbrennungszyklus und zum Ende des Verbrennungszyklus. Beim Ausbrennen S55 werden mit einer erhöhten Temperatur im Kessel insbesondere kohlenstoffhaltige Reste und Ablagerungen an den Kesselinnenwänden- und innenteilen nochmals erwärmt und vorzugsweise vollständig abgebrannt.

[0234] Bei den Temperaturen, die unterhalb der Temperatur im stabilisierten Verbrennungsbetrieb S54 liegen, entstehen zudem gehäuft Verbrennungsrückstände, es kann zur Verrußung kommen.

[0235] Da es sich bei der Asche um amorphes, keramikartiges Materialgemisch handelt, hat diese keinen scharf definierten Schmelzpunkt, sondern die Erweichung erfolgt kontinuierlich über einen weiten Temperaturbereich. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab, die Asche wird klebrig, die feinen Aschekörner agglomerieren und versintern zu größeren Brocken, die Asche beginnt zu kriechen und schließlich sogar zu fließen.

[0236] Des Weiteren entsteht Schlacke bei einem Verbrennungsvorgang immer dann, wenn in der Glut Temperaturen über dem Ascheschmelzpunkt erreicht werden. Die Asche wird dann weich, klebrig und bildet nach dem Abkühlen die bekannte feste, dunkel gefärbte Schlacke, welche porös/brüchig/krümelig bis glasartig hart sein kann.

[0237] Insofern kann man aus der Fig. 13 im Grundsatz auf den Zustand der Verbrennungsrückstände und insbesondere der entstandenen Schlacke schließen. Bei niedriger Kesselleistung sind die Verbrennungsrückstände eher fest und brüchig, während die Verbrennungsrückstände bei hohen Temperaturen eher weich und zäh sind. Letzteres kann eine effektive Abreinigung erschweren.

[0238] Die tatsächlichen Temperaturen mit den zugehörigen Viskositäten sind allerdings nur sehr ungenau vorherzusagen, da das Temperatur- und Schmelzverhalten des Brennstoffs (der sehr variabel ist) bzw. Stoffgemischs zur Verbrennung außerordentlich komplex ist. Bereits geringfügige Änderungen bei den Stoffanteilen können den Erweichungspunkt stark beeinflussen, wenn das Gemisch ein Eutektikum bildet. Im Allgemeinen steigen die Temperaturen mit zunehmender Inkohlung. Einige Stoffe (etwa manche Kalium-, Aluminium-, Natrium-, Magnesium- und Siliziumverbindungen) sind dafür bekannt, dass sie den Erweichungspunkt massiv herabsetzen. Dies zeigt sich insbesondere bei halmgutartigen Biomassen (Stroh und Gras), die solche Stoffe in erhöhter Konzentration enthalten und die zu den Brennstoffen mit den niedrigsten Ascheerweichungstemperaturen gehört.

[0239] Die Abkühlung und das Erstarren der Schlacke erfolgt zeitlich betrachtet nicht nur bei den Temperaturänderungen in einem Verbrennungszyklus, sondern räumlich betrachtet auch beim Übergang aus der heißen Zone der Brennkammer 24 in die kalten Randbereiche oder in den nachgeschalteten Wärmetauscher 4 und auch in die Filtereinrichtung 4. Hier bilden sich Anbackungen, die den Wärmedurchgang behindern und verschlechtern, und die den rauchgasseitigen Druckverlust der Feuerung erhöhen. Man spricht von einer "Verschlackung" der Feuerung.

[0240] Bei der vorliegenden Rostfeuerung kann durch Schlacke die Bewegung des Rostes blockiert werden, oder die Öffnungen für die Primärluft, mithin die Verbrennungsluft, die von unten durch den Rost strömt, können verklebt werden. Die Vorrichtungen für die Abreinigung und Beförderung der Asche können dabei sogar durch große, harte Schlackebrocken blockiert werden.

[0241] Hier zeigt sich, dass Schlacke im Vergleich zu pulvriger Asche schwieriger in der Handhabung bei der Reinigung ist, insbesondere da die Konsistenz und Menge der Schlacke stark variieren kann, wie erläutert. Mit den hierin beschriebenen Lösungen kann man insbesondere diesem Problem Herr werden.

(Abreinigung des Kessels)

[0242] Fig. 14 zeigt ein Auslöseverfahren, mit dem eine Abreinigung des Kessels ausgelöst werden kann. Dieses Auslöseverfahren kann beispielsweise zyklisch durch die Steuereinrichtung 100 ausgeführt werden, oder aber kann dieses Auslöseverfahren bei dem Übergang des Betriebszustands des Kessels 11 in den Zustand S55: Ausbrennen automatisch mitausgeführt werden.

[0243] Bei Schritt S70 erfolgt eine Bestimmung, ob sich der Kessel 11 im Zustand S55 des Ausbrennens befindet oder nicht. Dabei kann dies entweder zyklisch abgefragt und bestimmt werden ("Nein"), oder aber wird diese Bestimmung automatisch bei der Ausführung des Betriebszustands S55 Ausbrennen (der von der Steuereinrichtung 100 herbeigeführt wird) als erfüllt gewertet.

[0244] Falls sich der Kessel 11 im Zustand des Ausbrennens befindet (S70: Ja), wird ermittelt, ob die Brennkammertemperatur (welche mit dem entsprechenden Brennkammertemperatursensor 117 erfasst wird) kleiner ist als eine vordefinierte Schwelle BTS. Diese Schwelle BTS kann beispielsweise auf 180 Grad Celsius festgelegt sein. Mit dieser Schwelle wird sichergestellt, dass eine Abreinigung nicht mit noch oxidierenden Verbrennungsrückständen durchgeführt wird. Weiter wird für die Abreinigung sichergestellt, dass die Schlacke weniger viskos bzw. schon eher brüchig oder

spröde ist, womit die Abreinigung effizienter wird.

[0245] Falls also die Brennkammertemperatur kleiner ist als die vordefinierte Schwelle BTS (S71: Ja), dann kann im Schritt S72 eine Abreinigung des Kessels 11 durchgeführt werden. Eine solche Abreinigung kann das Drehen der Drehrostelemente 252, 253, 254 mittels der Motoren 231 beinhalten. Zudem kann eine solche Abreinigung ein Bewegen der Reinigungsmechanik beinhalten die Reinigungsschnecke 71 und die Turbulatoren 37 beinhalten. Mithin umfasst die Abreinigung des Kessels 11 vorzugsweise eine Abreinigung des Rosts 25, des Wärmetauschers 3, der Aschesenke im unteren Teil des Kessels und (optional) auch der elektrostatischen Filtereinrichtung 4.

[0246] Fig. 15 zeigt eine Weiterbildung des Auslöseverfahrens der Fig. 14, wobei eine Blockadeerfassung der durch den Motor 72 angesteuerten Reinigungsmechanik (u.A. Ascheschnecke und vorzugsweise Turbulatoren) erfasst werden kann. Betreffend der Verfahrensschritte S70, S71 und S72 wird auf die vorstehenden Erläuterungen zu Fig. 14 verwiesen.

[0247] Nach erfolgter Abreinigung wird bei Schritt S73 durch den Positionssensor 75 erfasst, ob sich die Reinigungsmechanik in Ruhestellung befindet oder nicht. Hat sich beispielsweise die Reinigungsmechanik aufgrund eines Fremdkörpers verkeilt oder festgefressen und ist blockiert, so kehrt diese regelmäßig nicht in die Ruhestellung zurück. Insofern kann mit dem Positionssensor 75 eine solche Blockade detektiert werden.

[0248] Ist die Bestimmung bei Schritt S73: Ja, ist die Reinigungsmechanik in die Ruhestellung zurückgekehrt und es liegt keine Blockade vor.

[0249] Ist die Bestimmung bei Schritt S73: Nein, so ist die Reinigungsmechanik nicht in die Ruhestellung zurückgekehrt (was diese schon aufgrund des Eigengewichts der Turbulatoren sollte) und es wird eine Blockade positiv detektiert bzw. erkannt (Schritt S74).

[0250] In Schritt S74 kann beispielsweise eine entsprechende Fehlermeldung im System hinterlegt werden, oder aber kann ein Benutzer über eine Benutzerschnittstelle (beispielsweise über einen Touch-Screen) auf die Blockade hingewiesen werden. Ebenso kann der Kessel 11 in Reaktion auf die erkannte Blockade den Betrieb aus Sicherheitsgründen einstellen.

[0251] Fig. 16 zeigt ein (optionales) Abreinigungsoptimierungsverfahren, mit dem ein abgereinigter und nicht-blockierter Ausgangszustand des Kessels 11 vor dem Start eines Verbrennungszyklus sichergestellt wird, sofern dies notwendig ist.

[0252] Bei Schritt S80 wird bestimmt, ob der Start eines Verbrennungszyklus angefordert ist oder nicht. Eine solche Anforderung kann beispielsweise manuell durch einen Benutzer durch Eingabe an einer Benutzerschnittstelle erfolgen. Ebenso kann eine solche Anforderung automatisch erfolgen, beispielsweise durch eine Anforderung von Heizleistung oder durch die Festlegung einer vordefinierten Anzahl von Heizzyklen, welche nacheinander abgefahren werden.

[0253] Es wird nunmehr - vor der Aufnahme des Heizzyklus und damit vor dem Start des Verbrennungsbetriebs - bei Schritt S81 durch den Positionssensor 75 erfasst, ob sich die Reinigungsmechanik in Ruhestellung befindet oder nicht. Hat sich beispielsweise die Reinigungsmechanik aufgrund eines Fremdkörpers verkeilt oder festgefressen und ist blockiert, so kehrt diese regelmäßig nicht in die Ruhestellung zurück. Insofern kann mit dem Positionssensor 75 eine solche Blockade detektiert werden.

[0254] Ist die Bestimmung bei Schritt S81: Ja, ist die Reinigungsmechanik in die Ruhestellung zurückgekehrt und es liegt keine Blockade vor. In Folge dessen wird Schritt S82 ausgeführt.

[0255] Ist die Bestimmung bei Schritt S81: Nein, so ist die Reinigungsmechanik nicht in die Ruhestellung zurückgekehrt (was diese schon aufgrund des Eigengewichts der Turbulatoren sollte) und es wird eine Blockade positiv detektiert bzw. erkannt. In Folge dessen wird Schritt S83 ausgeführt, um mittels des Antreibens bzw. Bewegens der Mechanik auf ein Lösen der Blockade hinzuwirken.

[0256] Bei Schritt S82 wird abgefragt, ob eine Abreinigung schon bei dem letzten Ausbrennen S55 des Kessels 11 durchgeführt wurde oder nicht. Hierfür kann beispielsweise bei Abreinigung des Kessels während des Ausbrennens softwaretechnisch ein sogenanntes "Flag" aktiviert werden, das beispielsweise bei Durchführung der Schritte S54 (oder auch S 53 etc.) wieder zurückgesetzt wird.

[0257] Wurde eine Abreinigung des Kessels 11 schon bei dem letzten Ausbrennen S55 durchgeführt (d.h., es wurde schon beim Ende des vorausgegangenen Verbrennungszyklus abgereinigt; S82: Ja), kann der aktuell angeforderte Verbrennungszyklus gestartet werden (S85). Damit wird eine unnötige Betätigung der Reinigungsmechanik vermieden, womit mithin Zeit und Verschleiß eingespart werden.

[0258] Ist das Ergebnis von Schritt S82 Nein, wird in Folge bei Schritt S84 abgefragt, ob die Brennkammertemperatur kleiner der vordefinierten Schwelle BTS ist oder nicht.

[0259] Ist das Ergebnis von Schritt S84 Nein, geht das Verfahren zu Schritt S85 über. Ist also die Temperatur des Kessels 11 zum Abreinigen zu hoch, wird direkt der nächste Verbrennungszyklus gestartet und das Abreinigen vor dem Verbrennungszyklus wird nicht durchgeführt.

[0260] Ist das Ergebnis von Schritt S84 Ja, wird in Schritt S83 eine Abreinigung des Kessels durchgeführt. Mithin ist die Temperatur des Kessels 11 auf ein Niveau gefallen, welches eine Abreinigung erlaubt, und zudem ist auch der Zeitverlust durch das Abreinigen des Kessels 11 hinzunehmen, da der Kessel sowieso bereits "kälter" ist.

[0261] Nach Schritt S83 geht das Verfahren zu Schritt S85 über.

[0262] Fig. 17a zeigt ein Abreinigungsverfahren des Kessels 11.

[0263] Ist eine Abreinigung des Kessels 11 angefordert (vgl. beispielsweise die Schritte S72 oder S83), so wird das Abreinigungsverfahren für den Kessel 11 gestartet.

[0264] Bei Schritt S90 wird der Motor 72 für eine vordefinierte Motorzeit BM bestromt, mithin wird die Reinigungsmechanik von dem Motor 72 für eine bestimmte Zeit BM bewegt. Diese Zeit(dauer) ist derart definiert, dass die Reinigungsmechanik einen bestimmten Bewegungsbereich überstreicht, beispielsweise derart, dass die Turbulatoren im Wärmetauscher 3 einen ausreichenden Hub vollführen. Die Zeit(dauer) BM kann beispielsweise auf 30 Sekunden festgelegt sein.

[0265] Bei dem auf Schritt S90 folgenden Schritt S91 wird die Bestromung des Motors 72 für eine vordefinierte Pausenzeit P1 unterbrochen. Diese Pausenzeit P1 kann beispielsweise 10 Sekunden betragen.

[0266] Bei dem auf Schritt S91 folgenden Schritt S92 wird ermittelt, ob eine vordefinierte Anzahl WH von Durchführungen der Schritte S90 und S91 erfolgt ist oder nicht, d.h., ob eine vordefinierte Anzahl WH von Iterationen der Schleife mit den Schritten S90 und S91 durchgeführt wurde oder nicht. Diese vordefinierte Anzahl WH kann beispielsweise 5 sein.

[0267] Ist das Ergebnis von Schritt S92 Nein, werden die Schritte S90 und S91 wiederholt.

[0268] Durch die wiederholte Ausführung der Schritte S90 und S91 (Reinigen, Pause, Reinigen, Pause...) wird die Reinigungswirkung verbessert.

[0269] Ist das Ergebnis von Schritt S92 Ja, fährt das Verfahren mit Schritt S93 fort.

[0270] Hier wird, analog zu vorstehend Beschriebenem, erfasst, ob die Reinigungsmechanik 75 nach der Bestromung des Motors 72 und nach der Pause P1 in deren Ruhestellung zurückgekehrt ist, oder nicht.

[0271] Ist das Ergebnis von Schritt S93 Ja, wird das Verfahren beendet. Eine blockadefreie Abreinigung ist erfolgt.

[0272] Ist das Ergebnis von Schritt S94 Nein, fährt das Verfahren mit Schritt S94 fort. Im einfachsten Fall ist Schritt S94 identisch zu dem in Bezug auf Schritt S74 Beschriebenen. Mithin endet das Verfahren mit einer Fehlermeldung. Optional und alternativ kann das Verfahren jedoch mit Schritt S94 einen Anti-Blockade-Vorgang 1 bzw. ein erstes Anti-Blockade-Verfahren durchführen, welches nachstehend in Bezug auf Fig. 17b näher erläutert ist.

[0273] Fig. 17b zeigt ein erstes Anti-Blockade-Verfahren, welches eine Fortbildung des Verfahrens der Fig. 17a ist.

[0274] Ist eine Blockade der Reinigungsmechanik erkannt, soll diese gelöst werden. Hierfür wird bei Schritt S95 der Motor 72 für eine vordefinierte Bestromungszeit BM2 bestromt, um die Blockade zu lösen. Die Bestromungszeit BM2 ist vorzugsweise länger als die Bestromungszeit BM1, um die Kraftwirkung auf die Blockade zu vergrößern.

[0275] Nach der Bestromung bei Schritt S95 wird wiederum, wie schon erläutert, erfasst, ob die Reinigungsmechanik in die Ruhestellung zurückgekehrt ist oder nicht.

[0276] Ist dies der Fall (S96: Ja), konnte die Blockade erfolgreich gelöst werden, und es kann die Abreinigung bzw. das Abreinigungsverfahren der Fig 17a und 17b beendet werden.

[0277] Ist dies nicht der Fall (S96: Nein), konnte die Blockade nicht gelöst bzw. behoben werden. Dann fährt das Verfahren mit Schritt S97 fort. Auch hier gibt es nun zwei Alternativen: Entweder wird das Verfahren mit einer Fehlermeldung oder einem Fehler beendet, oder aber es wird zu einem Anti-Blockade-Verfahren 2 übergegangen, welches nachstehend in Bezug auf die Figuren 17c und 17 d näher erläutert wird.

[0278] Figuren 17c und 17d zeigen ein zweites Anti-Blockade-Verfahren in Fortbildung zu den Verfahren der Fig. 17a und/oder 17b.

[0279] Bei Schritt S98 wird nochmals eine Bestromung des Motors 72 für eine vordefinierte Bestromungszeit BM3 vorgenommen. Dabei kann vorzugsweise die Bestromungszeit BM3 größer sein als die Bestromungszeit BM3. Mithin wird die Reinigungsmechanik zwar größerer Belastung ausgesetzt, allerdings nur in dem Fall, in dem ein Versuch mit geringerer Leistung gescheitert ist. Alternativ kann im Übrigen BM1 = BM2 = BM3 sein, sollte eine Staffelung der Antriebszeit nicht gewünscht sein.

[0280] Bei Schritt S99 wird die oben beschriebene Überprüfung erneut vorgenommen.

[0281] Ist das Ergebnis von Schritt S99 Ja, ist die Blockade gelöst, und das Abreinigungsverfahren wird beendet.

[0282] Ist das Ergebnis von Schritt S99 Nein, besteht die Blockade weiterhin. In Folge wird die Bestromung bei Schritt S100 für eine vordefinierte Pausenzeit P2 unterbrochen bzw. pausiert. Hier wird der Mechanik Zeit gegeben, selbstständig in Ruhelage zurückzukehren.

[0283] Bei Schritt 101 wird die oben beschriebene Überprüfung erneut vorgenommen.

[0284] Ist das Ergebnis von Schritt 101 Ja, ist die Blockade gelöst, und das Abreinigungsverfahren wird beendet.

[0285] Ist das Ergebnis von Schritt S101 Nein, besteht die Blockade weiterhin. In diesem Fall wird der Motor bei Schritt S102 in kurzen Intervallen BI bestromt. Derartige Intervalle können beispielsweise aus 2 Sekunden Bestromung, 2 Sekunden Pause bestehen, wobei diese mehrfach, beispielsweise zwei bis acht Mal wiederholt wird. Insofern wird die Reinigungsmechanik mit ruckartig bewegt bzw. es wird an der Reinigungsmechanik gerüttelt, um beispielsweise spröde Schlacke zu zerbröseln oder Verklemmungen zu lösen. Bevorzugt ist, dass die Intervalle zumindest zwei Mal wiederholt werden.

[0286] Bei dem folgenden Schritt 103 wird die oben beschriebene Überprüfung erneut vorgenommen.

[0287] Ist das Ergebnis von Schritt 103 Ja, ist die Blockade gelöst, und das Abreinigungsverfahren wird beendet.

[0288] Ist das Ergebnis von Schritt S103 Nein, besteht die Blockade weiterhin. In diesem Fall wird (optional) der Motor

72 für eine vordefinierte Bestromungszeit BM4, beispielsweise 2 Sekunden, in einer zweiten Drehrichtung bewegt, die der üblichen Drehrichtung des Motors 72 zur Abreinigung (d.h., die erste Drehrichtung des Motors 72) entgegengesetzt ist.

[0289] Danach wird der Motor 72 bei Schritt S105 erneut (vgl. S102) in kurzen Intervallen BI bestromt.

[0290] Ausführliche praktische Versuche haben gezeigt, dass die vorgenannten Verfahrensschritte die effektivste Variante sind, um Blockaden zu lösen. Eine mehrfache ruckartige und kurzfristige Bestromung des Motors 72 in die erste Richtung, gefolgt von einer einzelnen Bestromung des Motors 72 in die zweite (Gegen-)Richtung, wiederum gefolgt von der mehrfachen ruckartigen und kurzfristigen Bestromung des Motors 72 in die erste Richtung hatte auch bei sehr hartnäckigen Verschlackungen und starkem Verschmutzungsanfall die größte Wahrscheinlichkeit die Blockade endgültig zu lösen.

[0291] Bei dem folgenden Schritt 106 wird die oben beschriebene Überprüfung erneut vorgenommen.

[0292] Ist das Ergebnis von Schritt 106 Ja, ist die Blockade gelöst, und das Abreinigungsverfahren wird beendet.

[0293] Ist das Ergebnis von Schritt S106 Nein, besteht die Blockade weiterhin. In diesem Fall ist die Blockade derart hartnäckig, dass mit Schritt S107 eine (nicht maschinell lösbare) Blockade erkannt wird (vgl. S74) und das Verfahren beendet wird.

[0294] Angemerkt wird, dass mit "*"1" in der Fig. 17d die Fortsetzung des Verfahrens der Fig. 17c angegeben ist.

[0295] Fig. 18 zeigt ein Blockadeerfassungsverfahren für den Drehrost 25 der Biomasse-Heizanlage 1.

[0296] Dieses Blockadeerfassungsverfahren wird durchgeführt, wenn eine Teil- oder auch Vollabreinigung des Drehrosts 25 durchgeführt wird, mithin wenn zumindest einer der Motoren 231 bestromt wird. Dies wird bei Schritt S110 abgefragt.

[0297] Wird zumindest ein Motor 231 bestromt (S110: Ja), wird im folgenden Schritt S111 ein aktueller erster Drehwinkel Dd1 mittels des Drehlagesensors 259 erfasst (und abgespeichert).

[0298] Im darauffolgenden Schritt S112 wird eine vordefinierte Wartezeit WD abgewartet. In dieser Zeit ist der Motor 231 weiterhin bestromt, mithin sollte sich das zugehörige Drehrostelement 252, 253, 254 bzw. die Drehachse 81 weiterdrehen, falls keine Blockade des Drehrosts vorliegt.

[0299] Bei dem darauffolgenden Schritt S113 wird ein aktueller zweiter Drehwinkel Dd2 mittels des Drehlagesensors 259 erfasst (und abgespeichert). In anderen Worten sind nunmehr in einem definierten Zeitabstand zwei Drehwinkel Dd1 und Dd2 erfasst und abgespeichert.

[0300] Im Folgenden Schritt D114 wird geprüft, ob einer der beiden Endwinkel erreicht ist oder nicht. Die Endwinkel sind vordefinierte Endwinkel betreffend die Drehwinkel des jeweiligen Drehrostelements 252, 253, 254, welche den mechanisch maximal möglichen Endwinkel bzw. Endanschlag darstellen. Beispielsweise kann ein Drehrostelement üblicherweise in einem Drehbereich von 0 Grad (horizontale Endstellung) zu 170 Grad (gedrehte Endstellung bei Abreinigung) gedreht werden.

[0301] Stimmt also der erfasste Drehwinkel Dd2 mit einem der beiden vordefinierten Endwinkel überein (S114: Ja), so ist der jeweilige Soll-Endanschlag erreicht, es liegt keine Blockade vor (da sich das Drehrostelement vollständig drehen könnte) und das Verfahren wird beendet. Es liegt keine Blockade vor.

[0302] Ist keiner der Endwinkel erreicht, befindet sich das Drehrostelement 252, 253, 254 noch mitten in der Drehung. Hier kann nun eine Blockadeerfassung durch einen Abgleich der erfassten Drehwinkel Dd1 und Dd2 erfolgen, vgl. Schritt 115. Dieser Abgleich bestimmt im Kern, ob sich die Drehwinkel Dd1 und Dd2 derart unterscheiden, dass von einer unblockierten Bewegung ausgegangen werden kann. Unterschieden sich die Drehwinkel Dd1 und Dd2 nicht oder nicht ausreichend, dann kann von einer Blockade ausgegangen werden.

[0303] Dieser Abgleich bei Schritt S115 kann beispielsweise (andere mathematische Methoden sind dem Fachmann selbstverständlich auch direkt ersichtlich) mit folgendem Vergleich ermittelt werden: $|Dd2 - Dd1| > \text{Schwellenwert } Sd$. Der Schwellenwert Sd ist ein unterer Drehwinkel(geschwindigkeits)wert, der vorab beispielsweise durch Experimente festgelegt wird. Der Schwellenwert Sd gibt damit eine minimale Bewegungsgeschwindigkeit an, mit der sich das Drehrostelement 252, 253, 254 bewegen sollte (was beispielsweise aus den konstruktiven und elektrischen Vorgaben als Minimalsollwert bekannt ist).

[0304] Die Differenz Dd2 und Dd1 gibt, aufgrund des zeitlichen Abstands WD, der durch Schritt S112 festgelegt ist, die sensorisch erfasste Dreh(winkel)geschwindigkeit wieder. Insofern ermittelt das Verfahren der Fig. 18 eine Drehgeschwindigkeit der Drehachse 81 ((Dd1 - Dd2) pro Zeiteinheit WD incl. der Berechnungszeit in der Steuereinrichtung bzw. der elektronischen Laufzeiten. Mit der (optionalen) Betragsbildung aus der Differenz Dd2 - Dd1 ist es unerheblich, in welche Richtung das Drehrostelement 252, 253, 254 gedreht wird.

[0305] Ist beispielsweise Dd2 66,8 Grad und Dd1 67 Grad, ist die Differenz 0,2 Grad. Ist nun weiter die vordefinierte Zeit WD 0,1 Sekunde, ist die erfasste Winkelgeschwindigkeit 0,2 Grad pro 0,1 Sekunde. Ist nun der Schwellenwert Sd auf 0,1 Grad pro 0,1 Sekunde festgelegt, so ist positiv erfasst, dass sich das Drehrostelement 252, 253, 254 ausreichend schnell bewegt und mithin nicht blockiert ist (S115: Ja). In diesem Fall läuft das Verfahren in einer Schleife zur Überprüfung der Bewegung bzw. Blockadeerfassung bis einer der Endwinkel erreicht ist (S111 bis S115).

[0306] Sollte allerdings der Abgleich in Schritt S115 ein negatives Ergebnis haben (d.h., das Drehrostelement 252, 253, 254 bewegt sich nicht oder zu langsam), geht das Verfahren zur Schritt S116 über. Dieser Schritt und die folgenden

Schritte sind optional und dienen der Verbesserung des Verfahrens. Alternativ (bzw. im einfachsten Fall) kann das Verfahren anstelle des in Fig. 18 gezeigten Schrittes direkt in die Erkenntnis "Rost blockiert" (vgl. S118) übergehen.

[0307] Bei Schritt S116 wird ein Fehleranzahlzähler FE um +1 erhöht. In Folge wird bei Schritt S117 überprüft, ob die aktuelle Fehleranzahl FE größer ist als eine vordefinierte maximale Fehleranzahl FE_{ma}. Die vordefinierte maximale Fehleranzahl FE_{ma} kann beispielsweise 5 betragen.

[0308] Ist das Ergebnis von Schritt S116 Nein, dann kehrt das Verfahren zu Schritt S111 zurück.

[0309] Ist allerdings das Ergebnis von Schritt S116 Ja, kann davon ausgegangen werden, dass der Rost 25 bzw. das Drehrostelement 252, 253, 254 blockiert ist (Schritt S118). Das Verfahren endet in Folge mit der Schlussfolgerung bzw. Fehlermeldung "Rost blockiert". In Folge dessen kann beispielsweise eine Fehlermeldung ausgegeben werden, und/oder es kann der Verbrennungsbetrieb der Biomasse-Heizanlage beendet werden.

[0310] Ebenso kann in Folge auf die Fehlermeldung "Rost blockiert" die Drehrichtung des Drehrostelements 252, 253, 254 umgekehrt werden, um eine Blockade zu lösen.

[0311] Weiterhin kann in Folge auf die Fehlermeldung "Rost blockiert" die Drehrichtung des Drehrostelements 252, 253, 254 kurzfristig umgekehrt werden, um eine Blockade zu lösen, und dann kann die Drehung des Drehrostelements 252, 253, 254 in der ursprünglichen Richtung fortgesetzt werden. Hier kann ebenso ein Fehlerzähler zum Einsatz kommen, der hierfür beispielsweise drei Versuche zulässt.

[0312] Fig. 19 zeigt ein Diagramm mit dem Verfahren der Fig. 18 mit einem zeitlichen Verlauf des Drehwinkels ohne Blockade, mit Blockade und mit einer Brecherfunktion auf erkannter Blockade, sowie einem alternativen Verfahrensschritt in Reaktion auf eine erkannte Blockade.

[0313] Die Vertikalachse des Diagramms der Fig. 19 gibt einen Drehwinkel an, der durch den Drehlage bzw. -winkelsensor 259 erfasst wird. Der Drehwinkel kann bevorzugt in regelmäßigen Abständen erfasst werden, beispielsweise wird er alle 0,1 Sekunden abgetastet.

[0314] Die Horizontalachse gibt die Zeit wieder. Das Diagramm der Fig. 19 zeigt somit den zeitlichen Verlauf der Drehung der Drehachse 91 und mithin des entsprechenden Drehrostelements 252, 253, 254.

[0315] Der Pfeil mit der Bezeichnung "Drehung einer Achse" bezieht sich auf einen Kurvenabschnitt, in der sich der Winkel der Achse 81 verringert. Insofern zeigt dieser Kurvenabschnitt, dass ein Drehrostelement 252, 253, 254 aus einer geöffneten Position in die geschlossene Position (Horizontallage) zurückgedreht wird. Anzumerken ist, dass das gezeigte Verfahren selbstverständlich auch bei einer Öffnung des Drehrostelements 252, 253, 254 zur Anwendung kommen kann.

[0316] Bei der gezeigten Schließbewegung werden nun ein erster Drehwinkel Dd1 und ein zweiter Drehwinkel Dd2 in einem zeitlichen Abstand WD erfasst (S111, S112, S113).

[0317] Zunächst ist der Endwinkel (in diesem Fall der minimale Winkel 0) nicht erreicht (S114). Das Verfahren wird fortgesetzt.

[0318] Da sich die Winkel Dd1 und Dd2 zudem ausreichend unterscheiden ($>S_d$) ist das Drehrostelement 252, 253, 254 nicht blockiert, mithin ist keine besondere Reaktion erforderlich (S115). Die weiteren Punkte auf diesem Kurvenabschnitt deuten an, dass die Erfassung der Drehwinkel wiederholt erfolgt (d.h. solange der Motor 231 bestromt wird, wird der Drehwinkel wiederholt erfasst). Insofern zeigt die Fig. 19 das Verfahren nur ausschnittsweise.

[0319] Der Pfeil mit der Bezeichnung "Blockade" bezieht sich auf den Beginn eines Kurvenabschnitts, in der sich der Winkel der Achse 81 nicht mehr verringert. Ab diesem Zeitpunkt ist das Drehrostelement 252, 253, 254 blockiert, beispielsweise hat sich ein harter Schlackebrocken verklemmt.

[0320] Da weiterhin nun der erste Drehwinkel Dd1 und der zweite Drehwinkel Dd2 in einem zeitlichen Abstand WD erfasst werden (S111, S112, S113), unterschreitet das Ergebnis der Berechnung des Schritts S115 den Schwellenwert S_d (S115). Mithin schreitet das Verfahren zu Schritt S116 fort. Es wird der Fehleranzahlzähler um 1 erhöht. Hierzu ist anzumerken, dass, obschon dies in Fig. 18 und Fig. 19 nicht gezeigt ist, der Fehlerzähler zu Beginn des Verfahrens ("Start") auf 0 initialisiert wird. Bei "#1" wird somit 1 Fehler gezählt bzw. erfolgt der erste Schleifendurchlauf der Schleife der Fig. 18 mit den Schritten S111 bis S117. In diesem Beispiel ist die vordefinierte Fehlermaximalanzahl F_{ma} auf "2" voreingestellt bzw. vorgespeichert. Insofern wird die Schleife der Fig. 18 mit den Schritten S111 bis S117 dreimal wiederholt, womit in Fig. 19 mit "#2" und "#3" eine zweite und dritte Iteration der Schleife mit den Schritten S111 bis S117 dargestellt ist. Das Ergebnis in Schritt S117 bei der dritten Iteration ist allerdings ein Verlassen der Schleife (S117: Ja), mit dem Ergebnis "Rost blockiert" (S118).

[0321] In der Folge zu Schritt S118 gibt es nun beispielsweise drei Möglichkeiten der Reaktion des Systems

a) Fehlermeldung und Beenden der Drehung.

b) Zurückdrehen des Rostes auf seine Ausgangsposition (wäre Schritt 119). Dies ist in Fig. 19 mit der gestrichelten Linie und dem Pfeil "Zurückdrehen" dargestellt.

c) Ausführen einer Brecherfunktion. Die Brecherfunktion kann darin bestehen, die Drehung der Achse 81 für eine vorbestimmte Rückdrehzeit zurückzudrehen (d.h. eine Drehung in eine zweite Richtung, die der Ursprungsrichtung entgegengesetzt ist, auszuführen), und dann wiederum die Drehung der Achse 81 in die Ursprungsrichtung fortzu-

setzen, bis eventuell wieder eine Blockade erfasst wird (S111 bis S117). Diese Rückwärts-Vorwärtsdrehung kann einmalig oder auch wiederholt durchgeführt werden. In Fig. 19 beispielhaft dargestellt ist, dass diese Rückwärts-Vorwärtsdrehung 3-malig durchgeführt wird, bis die Schlacke gebrochen wird. Mit dieser Rückwärts-Vorwärtsdrehung kann eine Brecherfunktion implementiert werden, die dazu gedacht ist, Schlacke und Verbrennungsrückstände zu brechen und damit die Blockade zu beenden.

Insofern weist die Brecherfunktion die folgenden weiteren Schritte auf, die Schritt S118 nachfolgen oder diesen ersetzen:

- Zurückdrehen der Achse 81 für eine vorbestimmte Zeit;
- Fortsetzen der Drehung in die Ursprungsrichtung, wobei das Verfahren zu S110 zurückkehrt.

Ergänzend wird angemerkt, dass die Brecherfunktion auch noch zusätzlich einen weiteren Brecherfehlerzähler aufweisen kann, womit ein Zurückdrehen beispielsweise nur für eine bestimmte Anzahl von Iterationen durchgeführt wird.

[0322] Das Verfahren der Figuren 18 und 19 hat die folgenden Eigenschaften und Vorteile:

Es wird eine Blockade des Drehrosts zuverlässig ohne weitere Sensorik oder spezielle Maßnahmen (beispielsweise ein weiterer Stromsensor für die Bestromung des Motors) erkannt. Mittels der Zeit WD kann die Brechkraft definiert werden, mit der der Drehrost bei Drehung ein Aufbrechen von Schlacke versucht. Je länger diese Zeit WD ist, umso länger wird der Motor bei Blockade bestromt. Gleiches gilt für den Fehlerzähler (S116, S117). Die Fehlermaximalanzahl Fma definiert die Anzahl der Iterationen der Schleife S111-S117, bis eine Reaktion erfolgt und mithin die Zeit, in der der Motor gegen die Blockade wirkt. Zudem wird mit dem Fehlerzähler (S116, S117) eine zu schnelle Reaktion auf nur geringfügige Bewegungsblockaden vermieden, welche häufiger vorkommen. Obschon die Drehbewegung in Fig. 19 linear dargestellt ist, kann diese in der Praxis nicht-linear (je nach Art und Menge der Schlacke) erfolgen. Mithin kann mit der Schwelle Sd recht feinfühlig eingestellt werden, welche Bewegungsgeschwindigkeit noch zulässig ist und welche nicht mehr zulässig. Insofern kann das Verfahren mittels der Parameter Sd, WD und Fma spezifisch auf die Erfordernisse eines Drehrosts eingestellt werden, der eine wichtige Funktion darin hat Schlacke zu brechen; ohne dabei allerdings selbst durch Überlastung beschädigt zu werden.

(Weitere Ausführungsformen)

[0323] Die Erfindung lässt neben den erläuterten Ausführungsformen und Aspekten weitere Gestaltungsgrundsätze zu. So können einzelne Merkmale der verschiedenen Ausführungsformen und Aspekte auch beliebig miteinander kombiniert werden, solange dies für den Fachmann als ausführbar ersichtlich ist.

[0324] Der Drehrost 25 der Fig. 9 bis 11 ist zwar ohne die Reinigungseinrichtung dargestellt, kann jedoch jederzeit mit einer nicht dargestellten Reinigungseinrichtung kombiniert werden.

[0325] Vorliegend ist der Drehrost 25 beispielhaft mit drei Drehrostelementen 252, 253, 254 beschrieben. Allerdings kann der Drehrost 25 auch nur ein Drehrostelement 252 aufweisen, oder aber auch zwei Drehrostelemente 252, 253. Grundsätzlich ist ein Drehrost 25 mit einer Mehrzahl von Drehrostelementen denkbar. Insofern ist die vorliegende Offenbarung nicht auf eine spezifische Anzahl von Drehrostelementen 252, 253, 254 beschränkt.

[0326] Die Drehung der Drehrostelemente kann in Bezug auf die Abreinigung auch anders erfolgen, als in Bezug auf die Figuren 9 bis 11 beschrieben. Mithin ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die spezifische Art und Weise der Drehungen (und der damit geschaffenen Zustände) der Drehrostelemente beschränkt. Es kann beispielsweise auch nur zwei Zustände, einen einer Arbeitsposition des Drehrosts (geschlossener / horizontaler Zustand) und den der Vollabreinigung des Drehrosts (vollständig geöffneter bzw. nicht-horizontaler Zustand) geben. Ebenso kann es noch weitere Zustände des Drehrosts 25 geben, insoweit dies für den Fachmann aus einer Kombination von horizontalen und nicht-horizontalen Einzelzuständen der jeweiligen Drehrostelemente ersichtlich ist. Beispielsweise kann auch nur das mittlere Drehrostelement 253 für eine Teilabreinigung gedreht werden.

[0327] Wie in Bezug auf die Fig. 9 bis 11 erläutert, können die Drehrostelemente 252, 253, 254 einzeln oder miteinander gedreht werden, um zwischen den drei erläuterten Zuständen zu wechseln.

[0328] Es ist ersichtlich, dass die beschriebene Blockadeerfassung bzw. -erkennung auch für andere Arten von Drehrosten und Reinigungsmechaniken anwendbar ist.

[0329] Weiter kann jedes Drehrostelement 252, 253, 254 zumindest eine bekannte Reinigungseinrichtung aufweisen. Ebenso können ein Drehrostelement oder mehrere Drehrostelemente aus der Gesamtzahl von Drehrostelementen des Drehrosts 25 auch keine Reinigungseinrichtung aufweisen.

[0330] Für zumindest ein Drehrostelement 252, 253, 254 kann beispielsweise zusätzlich eine Reinigungseinrichtung vorgesehen sein, so wie diese aus dem hauseigenen Stand der Technik der EP 21 218 434.5 bekannt ist, obschon dies hierin nicht näher erläutert ist.

[0331] Weiterhin ist das Verfahren zur Blockadeerfassung für eine einzelne Achse 81 beschrieben. Es versteht sich, dass das Verfahren auch (gleichzeitig) auf mehr als eine Achse 81 angewandt werden kann.

[0332] Eine Blockade kann eine lösbare oder eine nicht-lösbare mechanische Blockierung umfassen.

[0333] Eine Blockade kann eine mechanische Blockierung einer Bewegung umfassen, die beispielsweise das verfügbare Antriebs- oder Drehmoment einer Antriebseinrichtung übersteigt oder aber die bei Drehung zu einer Beschädigung der Mechanik führen würde, obschon das Antriebs- oder Drehmoment für eine Überwindung der Blockade selbst ausreichen würde.

[0334] Obschon die hierin beschriebenen Verfahren primär in Bezug auf eine Drehung einer Drehachse 81 eines Drehrosts beschrieben sind, kann das Verfahren analog auch bei anderen Arten von Positionsänderungen eines Rosts zur Anwendung kommen. Beispielsweise kann bei einem Schubrost auch eine lineare Bewegung anstelle einer drehenden Bewegung erfasst werden.

[0335] Weiter sind in Fig. 19 170 Grad und 0 Grad als Maximal- bzw. Minimalwinkel angegeben. Diese Winkel können, je nach Drehrost, selbstverständlich auch andere Winkel sein.

[0336] Vorliegend wird die Rezirkulationseinrichtung 5 mit einer Primärrezirkulation und einer Sekundärrezirkulation beschrieben. Die Rezirkulationseinrichtung 5 kann jedoch in deren Basiskonfiguration auch nur eine Primärrezirkulation und keine Sekundärrezirkulation aufweisen. Bei dieser Basiskonfiguration der Rezirkulationseinrichtung können entsprechend die für die Sekundärrezirkulation erforderlichen Komponenten vollständig entfallen, beispielsweise können der Rezirkulationseintrittskanalteiler 532, der Sekundärrezirkulationskanal 57 und eine zugehörige Sekundärmischeinheit 5b, welche erläutert wird, sowie die Rezirkulationsdüsen 291 entfallen.

[0337] Es kann wiederum alternativ auch nur eine Primärrezirkulation derart vorgesehen sein, dass zwar die Sekundärmischeinheit 5b und die zugehörigen Kanäle entfallen, und das Gemisch der Primärrezirkulation jedoch nicht nur unter den Drehrost 25 zugeführt wird, sondern dieses auch (beispielsweise über einen weiteren Kanal) zu den in dieser Variante vorgesehenen Rezirkulationsdüsen 291 zugeführt wird. Diese Variante ist mechanisch einfacher und damit kostengünstiger, und weist jedoch trotzdem die Rezirkulationsdüsen 291 zur Drallbildung der Strömung in der Brennkammer 24 auf.

[0338] Am Eingang der Rauchgasrezirkulationseinrichtung 5 können ein Luftmengensensor, eine Unterdruckdose, ein Temperatursensor, ein Abgassensor und/oder ein Lambda-Sensor vorgesehen sein.

[0339] Weiter können anstatt von nur drei Drehrostelementen 252, 253 und 254 auch zwei, vier oder mehr Drehrostelemente vorgesehen sein. Beispielsweise fünf Drehrostelemente könnten mit der gleichen Symmetrie und Funktionalität angeordnet sein, wie die vorgestellten drei Drehrostelemente. Zudem können die Drehrostelemente auch unterschiedlich zueinander geformt oder ausgebildet sein. Mehr Drehrostelemente haben den Vorteil, dass die Brecherfunktion verstärkt wird.

[0340] Zu den angegebenen Maßen ist anzumerken, dass auch abweichend von diesen andere Maße bzw. Maßkombinationen vorgesehen werden können.

[0341] Anstelle der konvexen Seiten der Drehrostelemente 252 und 254 können auch konkave Seiten dieser vorgesehen sein, wobei die Seiten des Drehrostelements 253 in Folge komplementär konvex geformt sein können. Dies ist funktional annähernd gleichwertig.

[0342] Als Brennstoffe der Biomasse-Heisanlage können auch andere Brennstoffe als Hackgut oder Pellets verwendet werden.

[0343] Der Drehrost kann alternativ auch als Kipprost bezeichnet werden.

[0344] Die vorliegend offenbarte Biomasse-Heisanlage kann auch ausschließlich mit einer Art eines Brennstoffs befeuert werden, beispielsweise nur mit Pellets.

[0345] Die Brennkammersteine 29 können auch ohne die Rezirkulationsdüsen 291 vorgesehen sein. Dies kann insbesondere für den Fall gelten, bei welchem keine Sekundärrezirkulation vorgesehen ist.

[0346] Die Geometrien der Drehrostelemente 252, 253, 254 kann von der in den Figuren dargestellten Geometrie abweichen. Diese Drehrostelemente können beispielsweise rechteckig, quadratisch oder auch rund sein.

[0347] Das erste und das zweite Anti-Blockade-Verfahren der Figuren 17b bis 17d können auch unabhängig voneinander in Reaktion auf eine anderweitig erkannte Blockade ausgeführt werden. Insofern hängen die Verfahren der Figuren 17a nicht zwingend zusammen und sind jeweils als selbstständige Verfahren offenbart. Zudem kann das zweite Anti-Blockade-Verfahren der Fig. 17c und 17d als Fortbildung des Verfahrens der Fig. 17a dienen, womit mithin das erste Anti-Blockade-Verfahren der Fig. 17b weggelassen werden kann.

[0348] Die hierin erläuterten Verfahren können als Computerprogramm oder Teil eines Computerprogramms realisiert sein. Die in den Fig. 12 ff. beschriebenen Verfahren können dabei Teile eines Gesamtprogramms zur Anlagensteuerung darstellen. Die in den Fig. 12 ff. beschriebenen Verfahren können zyklisch bzw. wiederholt ausgeführt werden.

[0349] Ein Computerprogramm, das auch als Programm, Software, eine Softwareanwendung, eine Anwendung, ein Modul, ein Softwaremodul, ein Script oder Code bezeichnet oder beschrieben werden kann, kann in beliebiger Form von Programmiersprache geschrieben sein, umfassend kompilierte oder interpretierte Sprachen oder deklarative oder prozedurale Sprachen; und es kann in einer beliebigen Form eingesetzt werden, einschließlich als spezifisches Pro-

gramm oder als ein Modul, eine Komponente, ein Unterprogramm oder eine andere geeignete Einheit für die Verwendung in einer Rechnerumgebung. Ein Programm kann, muss aber nicht mit einer Datei in einem Dateisystem übereinstimmen. Ein Programm kann in einem Abschnitt einer Datei gespeichert sein, die andere Programme oder Daten hält, z. B. ein oder mehrere Scripts, gespeichert in einem Nachverfolgungs-Sprachdokument, in einer einzelnen dem betreffenden Programm gewidmeten Datei oder in mehrfachen koordinierten Dateien, z. B. Dateien, die auf einem oder mehreren Modulen, Unterprogrammen oder Codeabschnitten speichern. Ein Computerprogramm kann eingesetzt werden, um auf einem Computer oder auf mehrfachen Computern ausgeführt zu werden, die sich an einem Ort befinden oder über mehrfache Orte verteilt und durch ein Datenkommunikationsnetz verbunden sind.

[0350] Die in dieser Beschreibung beschriebenen Verfahren und Logikflüsse können durch einen oder mehrere programmierbare Computer ausgeführt werden, die ein oder mehrere Computerprogramme zum Ausführen von Funktionen durch den Betrieb durch Eingabedaten und das Erzeugen einer Ausgabe ausführen. Die Verfahren und Logikflüsse können außerdem durch eine Speziallogikschaltung, z. B. FPGA oder ASIC, oder durch eine Kombination von Speziallogikschaltung und einem oder mehreren programmierten Computern ausgeführt werden.

[0351] Geeignete Computer für die Ausführung eines Computerprogramms können auf allgemeinen oder Spezialmikroprozessoren oder beiden beruhen oder auf einer beliebigen anderen Art von zentraler Verarbeitungseinheit. Im Allgemeinen empfängt eine zentrale Verarbeitungseinheit Anweisungen und Daten von einem Festwertspeicher oder einem Direktzugriffsspeicher oder von beiden. Die wesentlichen Elemente eines Computers sind eine zentrale Verarbeitungseinheit zum Ausführen von Anweisungen und eine oder mehrere Speichervorrichtungen zum Speichern von Anweisungen und Daten. Die zentrale Verarbeitungseinheit und der Speicher können durch eine Speziallogikschaltung ergänzt oder in diese integriert werden. Im Allgemeinen umfasst ein Computer außerdem eine oder mehrere Massenspeichervorrichtungen zum Speichern von Daten oder ist operativ zum Empfangen von Daten davon oder zum Übertragen von Daten zu diesen mit einem oder mehreren Massenspeichervorrichtungen verbunden, z. B. magnetische, magnetooptische oder optische Disks. Ein Computer muss jedoch nicht derartige Vorrichtungen aufweisen. Darüber hinaus kann ein Computer in eine andere Vorrichtung eingebettet sein, z. B. ein Mobiltelefon, ein persönlicher digitaler Assistent (PDA), ein mobiler Audio- oder Videoplayer, eine Spielekonsole, ein globales Positionierungssystem (GPS)-Empfänger, oder eine tragbare Speichervorrichtung, z. B. ein universeller serieller Bus (USB)-Stick, um nur ein paar aufzuzählen.

[0352] Geeignete computerlesbare Medien zum Speichern von Computerprogrammanweisungen und Daten umfassen alle Formen von nichtflüchtigem Speicher, Medien und Speichervorrichtungen, beispielhafter umfassend Halbleiter-Speichervorrichtungen, z. B. EPROM, EEPROM und Flashspeichervorrichtungen; Magnetdisks, z. B. interne Festplatten oder Wechseldatenträger; magnetooptische Disks; und CD-ROM und DVD-ROM-Disks.

[0353] Um eine Interaktion mit einem Benutzer bereitzustellen, können Ausführungsformen des in dieser Beschreibung beschriebenen Inhalts auf einem Computer ausgeführt werden, der eine Anzeigevorrichtung aufweist, z. B. einen CRT (Kathodenstrahlröhren)- oder LCD (Flüssigkristallanzeige)-Monitor, zum Anzeigen von Informationen für den Benutzer, und eine Tastatur und eine Zeigevorrichtung, z. B. eine Maus oder eine Steuerröhre, durch die der Benutzer eine Eingabe für den Computer bereitstellen kann. Andere Arten von Vorrichtungen können außerdem verwendet werden, um eine Interaktion mit einem Benutzer bereitzustellen; z. B. ein für den Benutzer bereitgestelltes Feedback kann eine beliebige Form von sensorischem Feedback sein, z. B. visuelles Feedback, hörbares Feedback oder taktiles Feedback; und eine Eingabe vom Benutzer kann in einer beliebigen Form empfangen werden, umfassend akustische, sprachliche oder taktile Eingabe. Zusätzlich dazu kann ein Computer durch das Senden von Dokumenten und das Empfangen von Dokumenten von einer Vorrichtung, die vom Benutzer verwendet wird, mit einem Benutzer interagieren; z. B. durch Senden von Webseiten zu einem Webbrowser auf der Vorrichtung eines Benutzers in Reaktion auf vom Webbrowser empfangenen Anfragen. Außerdem kann ein Computer mit einem Benutzer durch das Senden von Textnachrichten oder anderen Formen von Nachrichten an eine persönliche Vorrichtung, z. B. ein Smartphone, auf dem eine Nachrichtenanwendung abläuft, und das Empfangen antwortender Nachrichten vom Benutzer interagieren.

[0354] Datenverarbeitungsvorrichtungen, beispielsweise die Steuereinrichtung 100, zum Umsetzen von Maschinenlernmodellen können außerdem beispielsweise Spezial-Hardware-Beschleunigungseinheiten zum Verarbeiten gewöhnlicher und rechenintensiver Bestandteile des Maschinenlerntrainings oder der Produktion, d. h. Interferenz, Auslastungen, umfassen.

[0355] Die hierin beschriebenen Verfahren können als (Computer-) Programm beispielsweise auf der vorstehend beschriebenen Hardware ausgeführt werden, sind jedoch nicht darauf beschränkt.

[0356] Ebenso kann zumindest eines der vorliegenden Verfahren als Programm auf einem computerlesbaren Speichermedium vorgesehen sein.

[0357] Es ist bevorzugt, dass die hierin beschriebenen Verfahren durch die Steuereinrichtung 100 ausgeführt werden.

[0358] Die hierin beschriebenen Verfahren können auch unabhängig zueinander bzw. einzeln realisiert sein. Es ist also nicht zwingend notwendig, dass ein Verfahren das andere bedingt.

[0359] Die hierin offenbarten Ausführungsformen wurden zur Beschreibung und zum Verständnis der offenbarten technischen Sachverhalte bereitgestellt und sollen den Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht einschränken. Daher

ist dies so auszulegen, dass der Umfang der vorliegenden Offenbarung jede Änderung oder andere verschiedene Ausführungsformen beinhaltet, die auf dem technischen Geist der vorliegenden Offenbarung basieren.

(B ezugszei chenli ste)

5

[0360]

- 1 Biomasse-Heizanlage
- 11 Kessel
- 10 12 Kesselfuß
- 13 Kesselgehäuse
- 14 Wasserzirkulationseinrichtung
- 15 Gebläse
- 16 Außenverkleidung
- 15 100 Steuereinrichtung / Client
- 111 Abgasstempertursensor
- 112 Lambdasonde
- 20 113 Unterdrucksensor oder Druckdifferenzsensor
- 114 Rücklaufemperatursensor bzw. Heizungswassertemperatursensor
- 115 Kesseltemperatursensor
- 116 Brennstoffbetthöhensensor
- 117 Brennkammertemperatursensor
- 25 2 Brenneinrichtung
- 21 erste Wartungsöffnung für die Brenneinrichtung
- 22 Drehmechanikhalterung
- 23 Drehmechanik
- 30 24 Brennkammer
- 25 Drehrost
- 26 Primärverbrennungszone der Brennkammer
- 27 Sekundärverbrennungszone bzw. Strahlungsteil der Brennkammer
- 28 Brennstoffbett
- 35 29 Brennkammersteine
- A1 erste Horizontalschnittlinie
- A2 erste Vertikalschnittlinie
- 201 Zündeinrichtung
- 202 Brennkammerschräge
- 40 203 Brennkammerdüse
- 211 Dämmmaterial (bspw. Vermiculite)
- 231 Antrieb bzw. Motor(en) der Drehmechanik
- 251 Bodenplatte des Drehrosts
- 252 Erstes Drehrostelement
- 45 253 Zweites Drehrostelement
- 254 Drittes Drehrostelement
- 255 Übergangselement
- 256 Öffnungen
- 257 Rostlippen
- 50 258 Verbrennungsfläche
- 259 Drehlagesensor
- 260 Auflageflächen der Brennkammersteine
- 261 Nut
- 55 262 Vorsprung
- 263 Ring
- 264 Halterungssteine
- 265 Schräge der Halterungssteine

291	Sekundärluft bzw. Rezirkulationsdüsen
298	Stellen mit schlechterer Reinigungswirkung
299	Stellen mit guter Reinigungswirkung
5	
3	Wärmetauscher
31	Wartungsöffnung für Wärmetauscher
32	Kesselrohre
33	Kesselrohreintritt
10	34 Wendekammereintritt
35	Wendekammer
36	Federturbulator
37	Band- oder Spiralturbulator
38	Wärmetauschmedium
15	
331	Isolation am Kesselrohreintritt
4	Filtereinrichtung
41	Abgasausgang
20	42 Elektrodenversorgungsleitung
43	Elektrodenhalterung
44	Filtereintritt
45	Elektrode
46	Elektrodenisolation
25	47 Filteraustritt
48	Käfig
49	Rauchgaskondensator
5	Rezirkulationseinrichtung
30	50 Ringkanal um Brennkammersteine
52	Luftventil
53	Rezirkulationseintritt
54	Primärmischkanal
55	Sekundärmischkanal oder Sekundärtemperierungskanal
35	56 Primärrezirkulationskanal
57	Sekundärrezirkulationskanal
58	Primärluftkanal
59	Sekundärluftkanal
40	
6	Brennstoffzufuhr
61	Zellradschleuse
62	Achse der Brennstoffzufuhr
63	Übersetzungsmechanik
64	Brennstoffzufuhrkanal
45	65 Brennstoffzufuhröffnung
66	Antriebsmotor
67	Brennstoff-Förderschnecke
7	Ascheabfuhr
50	71 Ascheaustragungsschnecke
711	Schneckenachse
712	Zentrierungsscheibe
713	Wärmetauscherabschnitt
714	Brennerabschnitt
55	
72	Motor der Ascheabfuhr mit Mechanik
73	Übergangsschnecke
731	rechter Unterabschnitt - nach links steigende Schnecke

- 732 linker Unterabschnitt -nach rechts steigende Schnecke
 74 Aschebehälter / Aschewanne
 75 Übergangsschneckengehäuse
 5 751 Öffnung des Übergangsschneckengehäuses
 752 Begrenzungsblech
 753 Hauptkörperabschnitt des Gehäuses
 754 Befestigungs- und Trennelement
 755 Trichterelement
 76 Reinigungssensor
 10
 81 Lagerachsen
 82 Drehachse der Brennstoff-Niveauklappe
 83 Brennstoff-Niveauklappe
 831 Hauptfläche
 15 832 Mittenachse der Drehachse bzw. Lagerwelle 81
 833 Oberflächenparallele
 834 Öffnungen

 84 Lagerkerbe
 20 85 Sensorflansch
 86 Glutbetthöhenmessmechanik

 E Einschubrichtung des Brennstoffs
 S* Strömungspfeile
 25
 D1 erste Drehrichtung
 D2,D3 zweite Drehrichtungen, die der ersten Drehrichtung entgegengesetzt sind
 Wk Kesselleistung
 30

Patentansprüche

1. Biomasse-Heizanlage (1) zur Verfeuerung von biogenem Brennstoff, aufweisend:

- 35 einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2) und mit einem Wärmetauscher (3);
 eine Steuereinrichtung (100) mit einem Speicher;
 zumindest einen Sensor (76, 259), der einen Zustand einer Ascheabfuereinrichtung (7, 25) zur Abreinigung
 von Verbrennungsrückständen aus dem Kessel (11) erfassen kann;
 wobei die Biomasse-Heizanlage (1) derart eingerichtet ist, dass die Steuereinrichtung (100) eine Blockade der
 40 Ascheabfuereinrichtung (7, 25) mittels von dem Sensor (76, 259) erhaltener Informationen erfassen kann.

2. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß Anspruch 1, aufweisend:

- 45 einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2) und mit einem Wärmetauscher (3), wobei die Brenneinrichtung
 (2) einen Drehrost (25) mit zumindest einem mit einer Drehachse (81) drehbar gelagerten Drehrostelement
 (252, 253, 254) aufweist, wobei der Drehrost (25) gedreht werden kann, um die Verbrennungsrückstände von
 der Verbrennungsfläche (258) des Drehrosts (25) abzureinigen;
 zumindest einen Drehwinkelsensor (259) als den Sensor, welcher einen Drehwinkel der Drehachse (81) erfassen
 kann und welcher mit der Steuereinrichtung (100) kommunikativ verbunden ist;
 50 zumindest einen Antrieb (231) zur Drehung der Drehachse (81), wobei der Antrieb (231) von der Steuerein-
 richtung (100) angesteuert wird;
 wobei die Biomasse-Heizanlage (1) eingerichtet ist, eine Blockade einer Drehung des zumindest einen Dreh-
 rostelements (252, 253, 254) zu erfassen (S118), falls eine bestimmte Drehgeschwindigkeit des zumindest
 einen Drehrostelements (252, 253, 254) kleiner ist als ein vorbestimmter Schwellenwert (Sd).
 55

3. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Biomasse-Heizanlage (1) eingerichtet ist, die Drehgeschwindigkeit mittels einer Differenz von zwei erfassten Drehwinkeln (Ddl, Dd2) zu bestimmen, wobei die beiden Drehwinkel (Ddl, Dd2) in einem vorbestimmten zeitlichen

Abstand (WD) zueinander erfasst werden.

4. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Biomasse-Heizanlage (1) eingerichtet ist, die Blockade erst dann zu erfassen, falls die bestimmte Drehgeschwindigkeit bei zumindest zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert (Sd).

5. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Biomasse-Heizanlage (1) eingerichtet ist, bei positiver Erfassung der Blockade der Drehung in einer ersten Drehrichtung eine Brecherfunktion ausgeführt wird, bei der das zumindest eine Drehrostelement (252, 253, 254) eine vorbestimmte Zeit entgegen der ersten Drehrichtung in eine zweite Drehrichtung zurückgedreht wird, und in Folge das zumindest eine Drehrostelement (252, 253, 254) erneut in die erste Drehrichtung gedreht wird.

6. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei

der Wärmetauscher (3) eine Mehrzahl von Kesselrohren (32) mit darin befindlichen Turbulatoren (36, 37) aufweist; und
der Sensor ein Positionssensor (75) ist, der eine Ruhestellung der Turbulatoren (36, 37) mittelbar oder unmittelbar erfassen kann.

7. Verfahren zur Erfassung einer Blockade eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heizanlage (1), wobei die Biomasse-Heizanlage (1) das Folgende aufweist:

einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2) und mit einem Wärmetauscher (3),
eine Steuereinrichtung (100) mit einem Speicher;
zumindest einen Sensor (76, 259), der einen Zustand einer Ascheabfuhreinrichtung (7, 25) zur Abreinigung von Verbrennungsrückständen aus dem Kessel (11) erfassen kann;
wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
Erfassen, durch die Steuereinrichtung (100), einer Blockade der Ascheabfuhreinrichtung (7, 25) durch Auswerten von Informationen von dem Sensor (76, 259).

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei die Biomasse-Heizanlage (1) weiter das Folgende aufweist:

einen Drehrost (25) der Brenneinrichtung (2) mit zumindest einem mit einer Drehachse (81) drehbar gelagerten Drehrostelement (252, 253, 254) aufweist;
zumindest einen Drehwinkelsensor (259), welcher einen Drehwinkel (Dd1, Dd2) der Drehachse (81) erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung (100) kommunikativ verbunden ist;
zumindest einen Antrieb (231) zur Drehung der Drehachse (81), wobei der Antrieb (231) von der Steuereinrichtung (100) angesteuert wird,
wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Bestimmen (S111-S113, S115) der Drehgeschwindigkeit des zumindest einen Drehrostelements (252, 253, 254);
Vergleichen (S115) der bestimmten Drehgeschwindigkeit mit einem vorbestimmten Schwellenwert (Sd);
Erfassung (S118) einer Blockade einer Drehung des zumindest einen Drehrostelements (252, 253, 254), falls der Vergleich ergibt, dass die Drehgeschwindigkeit kleiner ist als der Schwellenwert.

9. Verfahren zur Erfassung einer Blockade eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heizanlage (1) gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei das Bestimmen der Drehgeschwindigkeit die folgenden Schritte umfasst:

Erfassen eines ersten Drehwinkels (Dd1) zu einem ersten Zeitpunkt;
Erfassen eines zweiten Drehwinkels (Dd2) zu einem zweiten Zeitpunkt, der eine vorbestimmte Wartezeit (WD) nach dem ersten Zeitpunkt festgelegt ist;
Berechnen der Differenz des ersten Drehwinkels (Dd1) und des zweiten Drehwinkels (Dd2).

10. Verfahren zur Erfassung einer Blockade eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der Anspruch 7 bis 9, wobei die Blockade erst dann detektiert wird, falls die bestimmte Drehgeschwindigkeit bei zumindest zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert (Sd).

11. Verfahren zur Erfassung einer Blockade eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heisanlage (1) gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, weiter aufweisend die folgenden Schritte:

Ausführen einer Brecherfunktion bei positiver Erfassung der Blockade der Drehung in einer ersten Drehrichtung, wobei die Brecherfunktion darin besteht, dass das zumindest eine Drehrostelement (252, 253, 254) eine vorbestimmte Zeit entgegen der ersten Drehrichtung in eine zweite Drehrichtung zurückgedreht wird, und in Folge das zumindest eine Drehrostelement (252, 253, 254) erneut in die erste Drehrichtung gedreht wird.

12. Verfahren zum Auslösen einer Abreinigung eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heisanlage (1), wobei die Biomasse-Heisanlage (1) das Folgende aufweist:

einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2) und mit einem Wärmetauscher (3), wobei die Brenneinrichtung (2) einen Drehrost (25) mit zumindest einem mit einer Drehachse (81) drehbar gelagerten Drehrostelement (252, 253, 254) aufweist;

eine Steuereinrichtung (100) mit einem Speicher;

zumindest einen Drehwinkelsensor (259), welcher einen Drehwinkel der Drehachse (81) erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung (100) kommunikativ verbunden ist;

zumindest einen Brennkammertemperatursensor (117), der eine Temperatur der Brennkammer (24) erfassen kann und welcher mit der Steuereinrichtung (100) kommunikativ verbunden ist;

zumindest einen Antrieb (231) zur Drehung der Drehachse (81), wobei der Antrieb (231) von der Steuereinrichtung (100) angesteuert wird,

wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Erfassen, ob sich der Kessel (11) im Zustand des Ausbrennens (S55) befindet oder nicht;

Durchführen der folgenden Schritte, falls erfasst ist, dass sich der Kessel (11) im Zustand des Ausbrennens (S55) befindet:

Erfassen der Brennkammertemperatur mit dem Brennkammertemperatursensor (117);

Abreinigen des Drehrosts (25) durch Drehen zumindest eines Drehrostelements (252, 253, 254), falls die erfasste Brennkammertemperatur eine vorbestimmte Temperatur unterschreitet.

13. Verfahren zum Abreinigen eines Drehrosts (25) einer Biomasse-Heisanlage (1), gemäß Anspruch 12, wobei bei Drehung des zumindest einen Drehrostelements (252, 253, 254) ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 11 zur Blockadeerfassung ausgeführt wird.

14. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bei Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren eines der Ansprüche 6 bis 13 auszuführen.

15. Computerlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm des Anspruchs 14 gespeichert ist.

Fig. 1

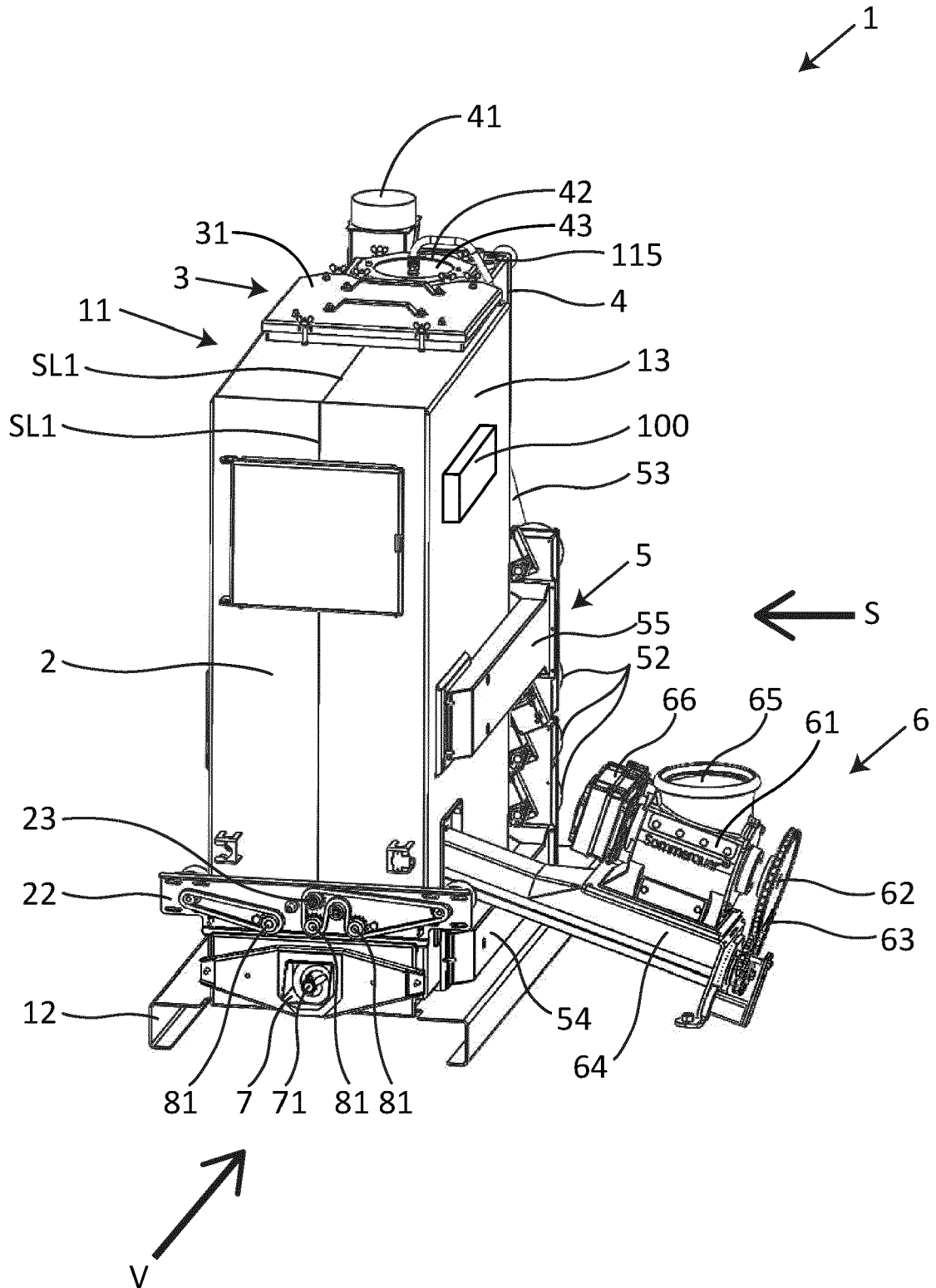


Fig. 2

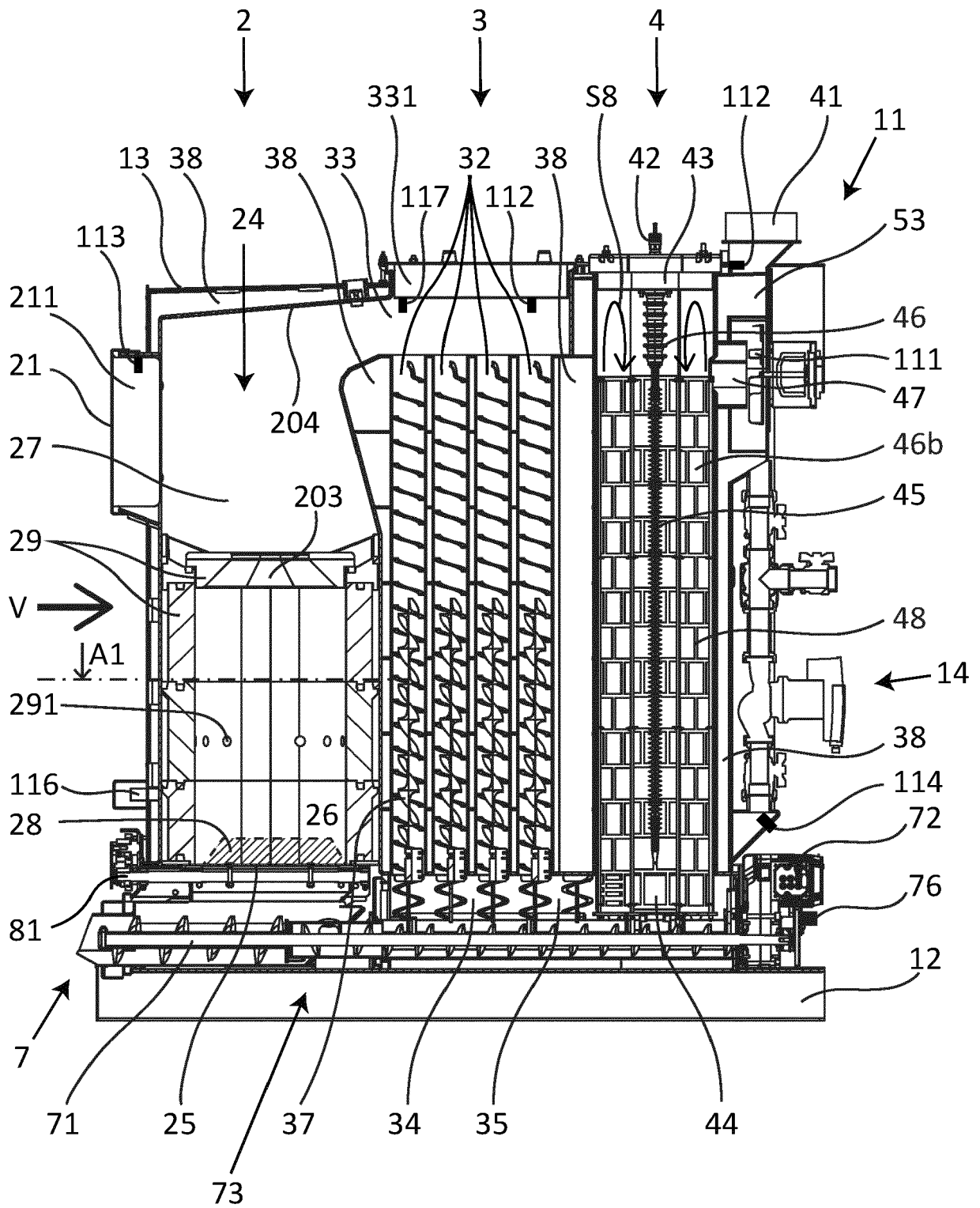


Fig. 3

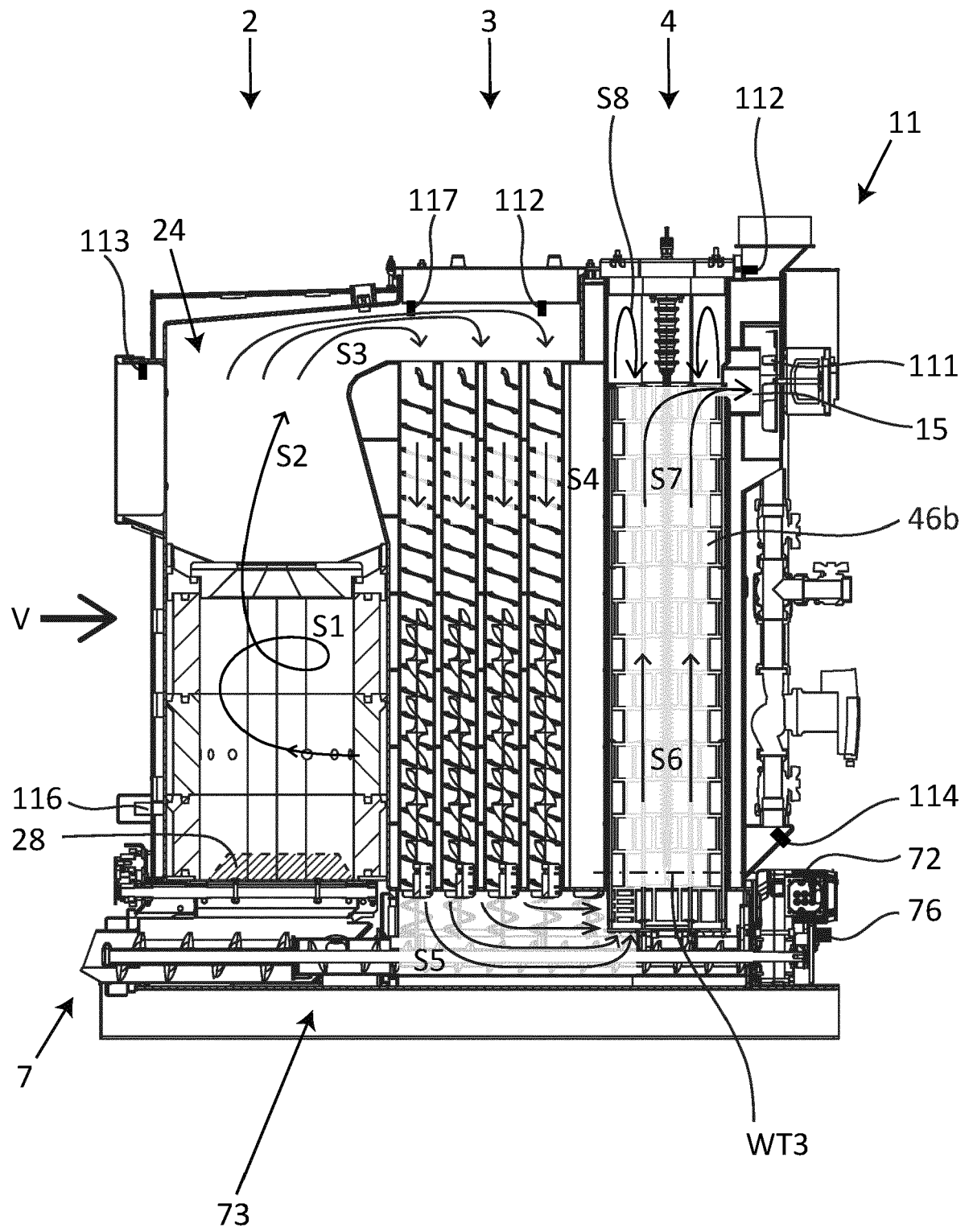


Fig. 4

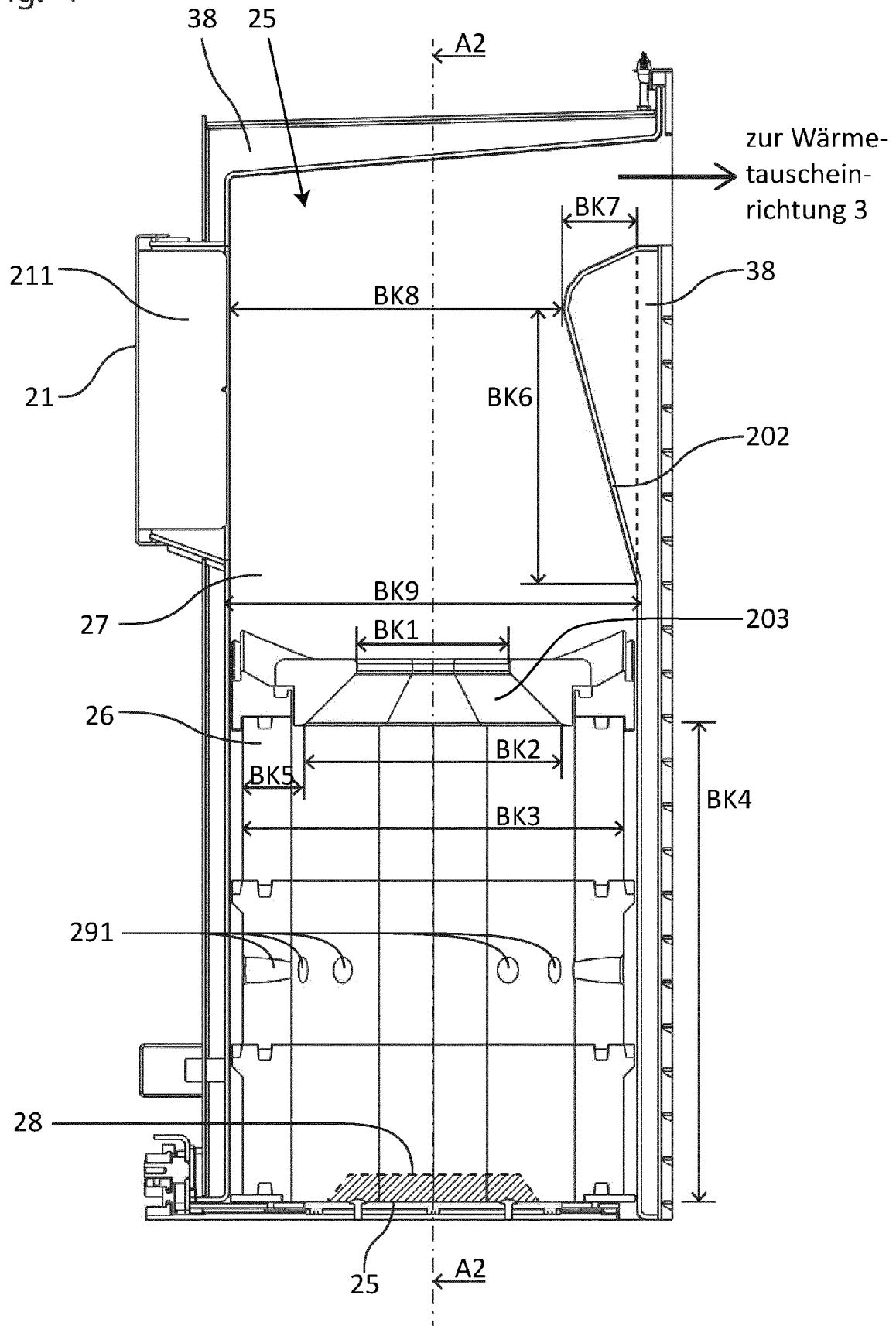


Fig. 5

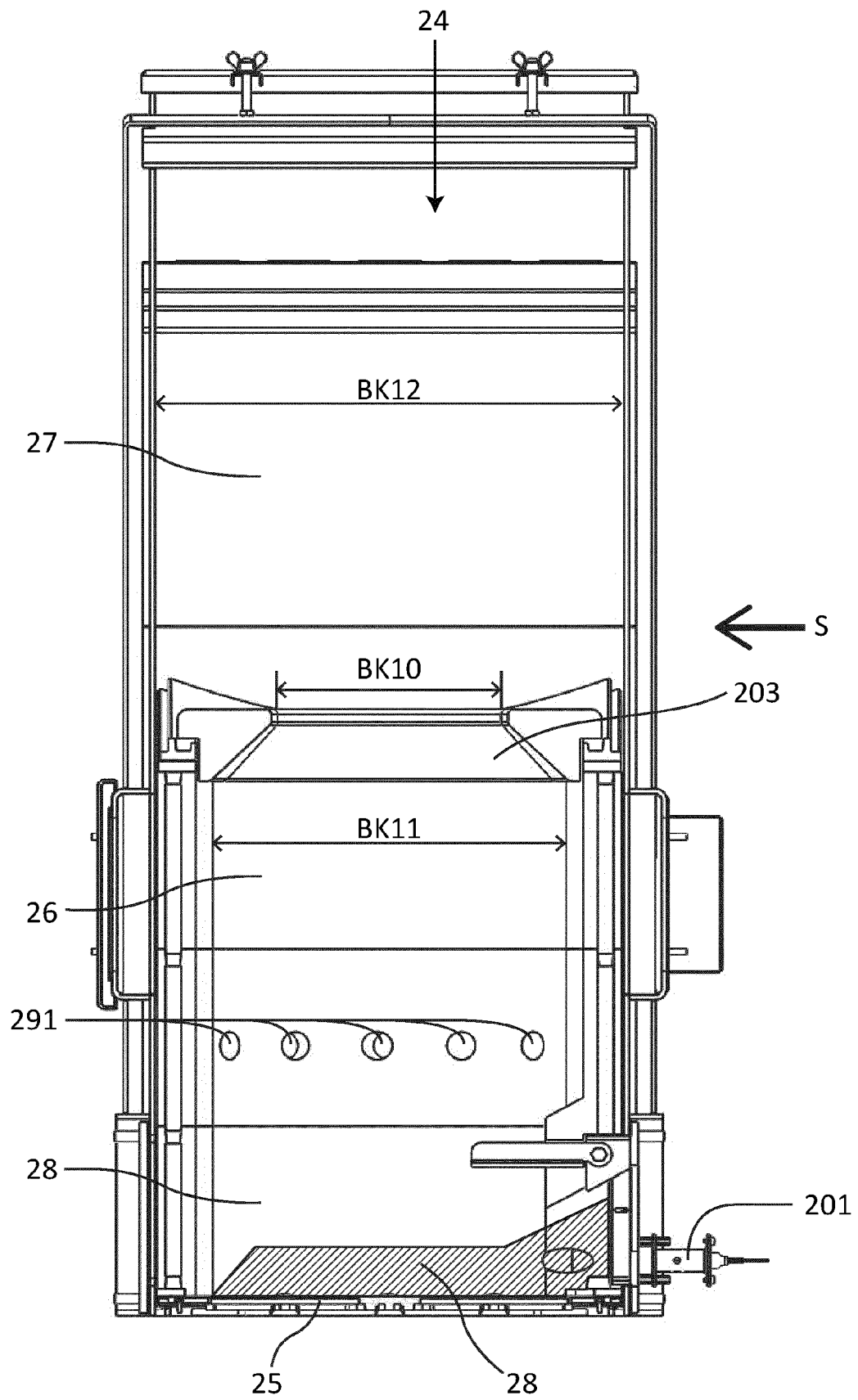


Fig. 6

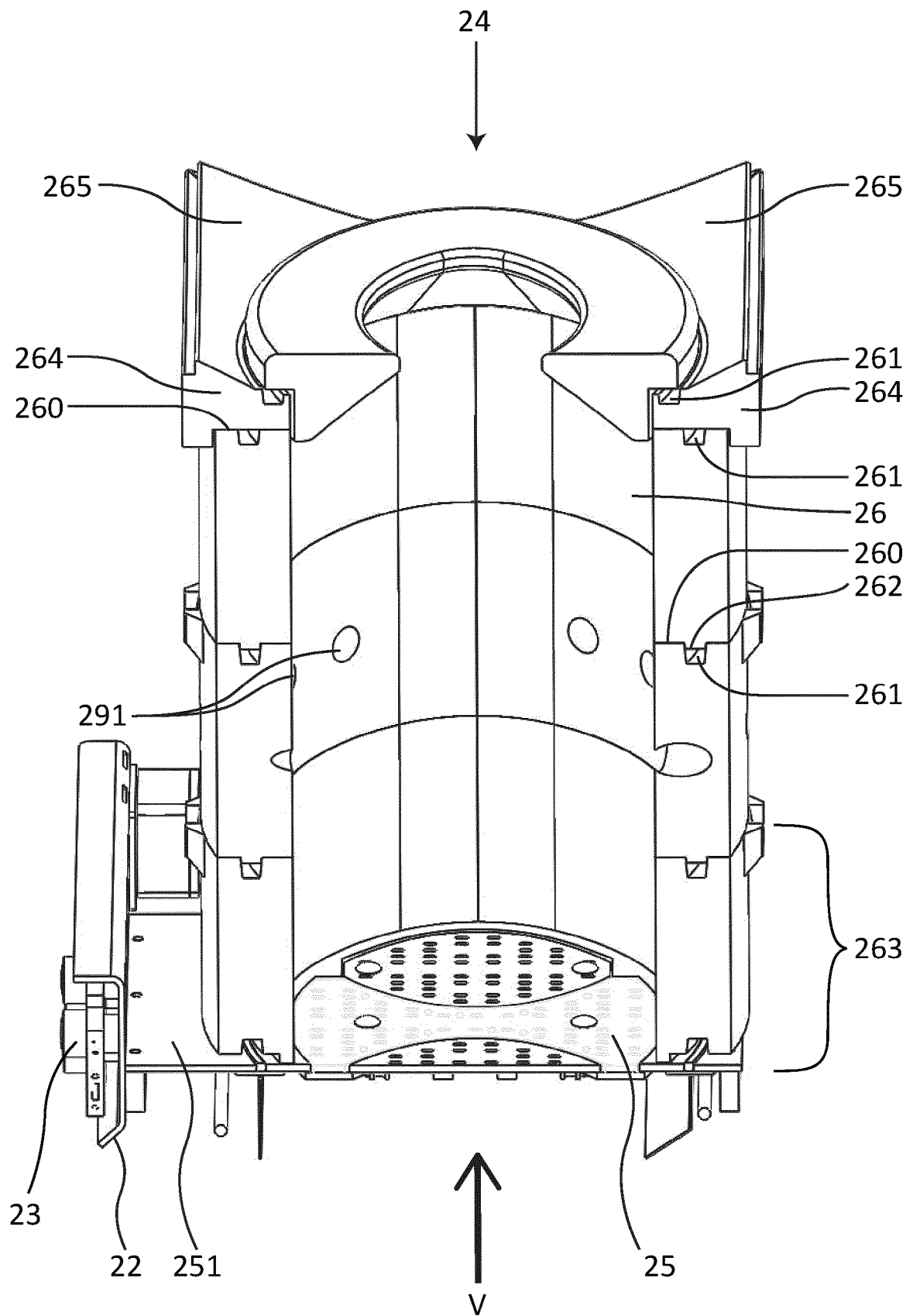


Fig. 7

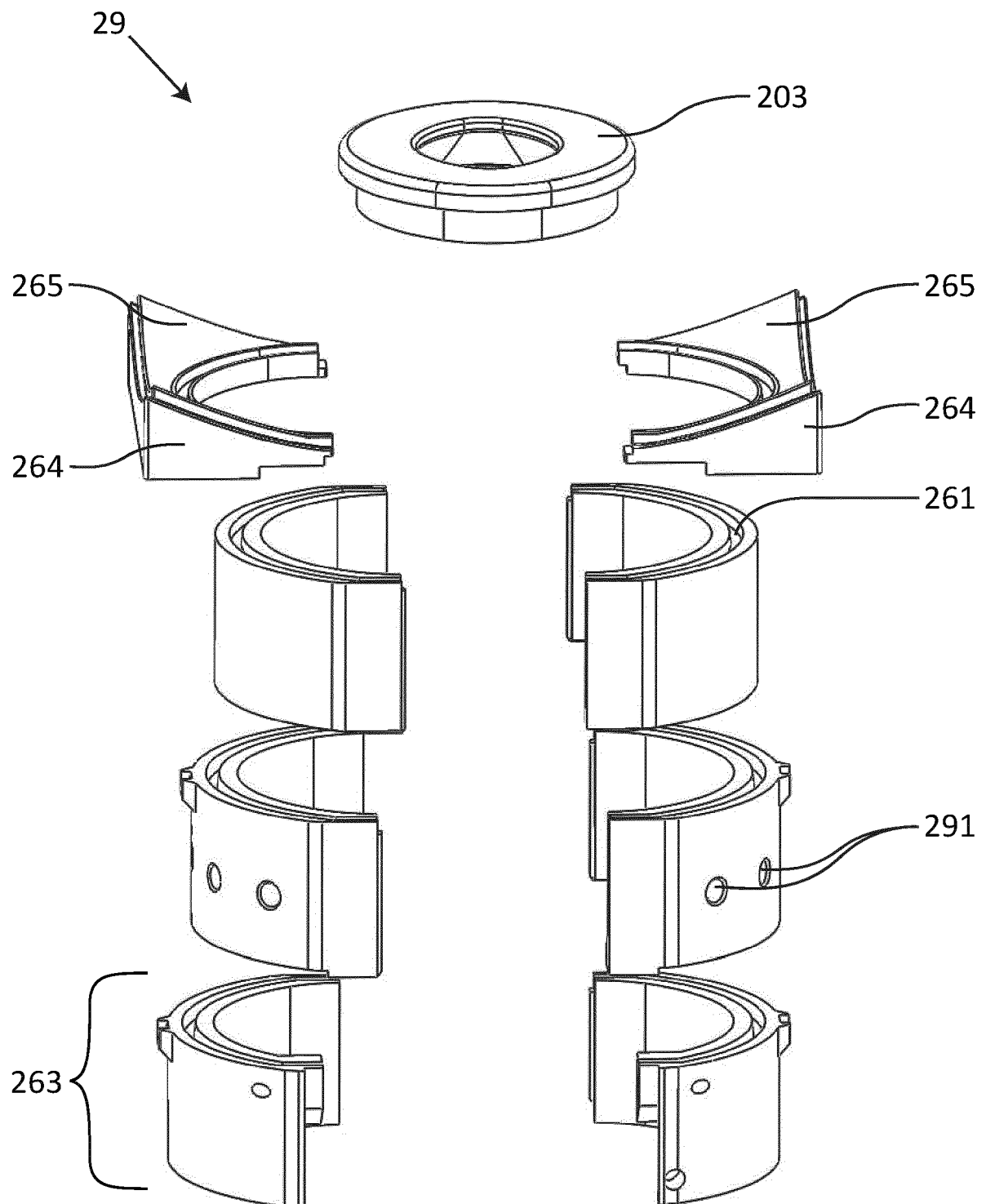


Fig. 8

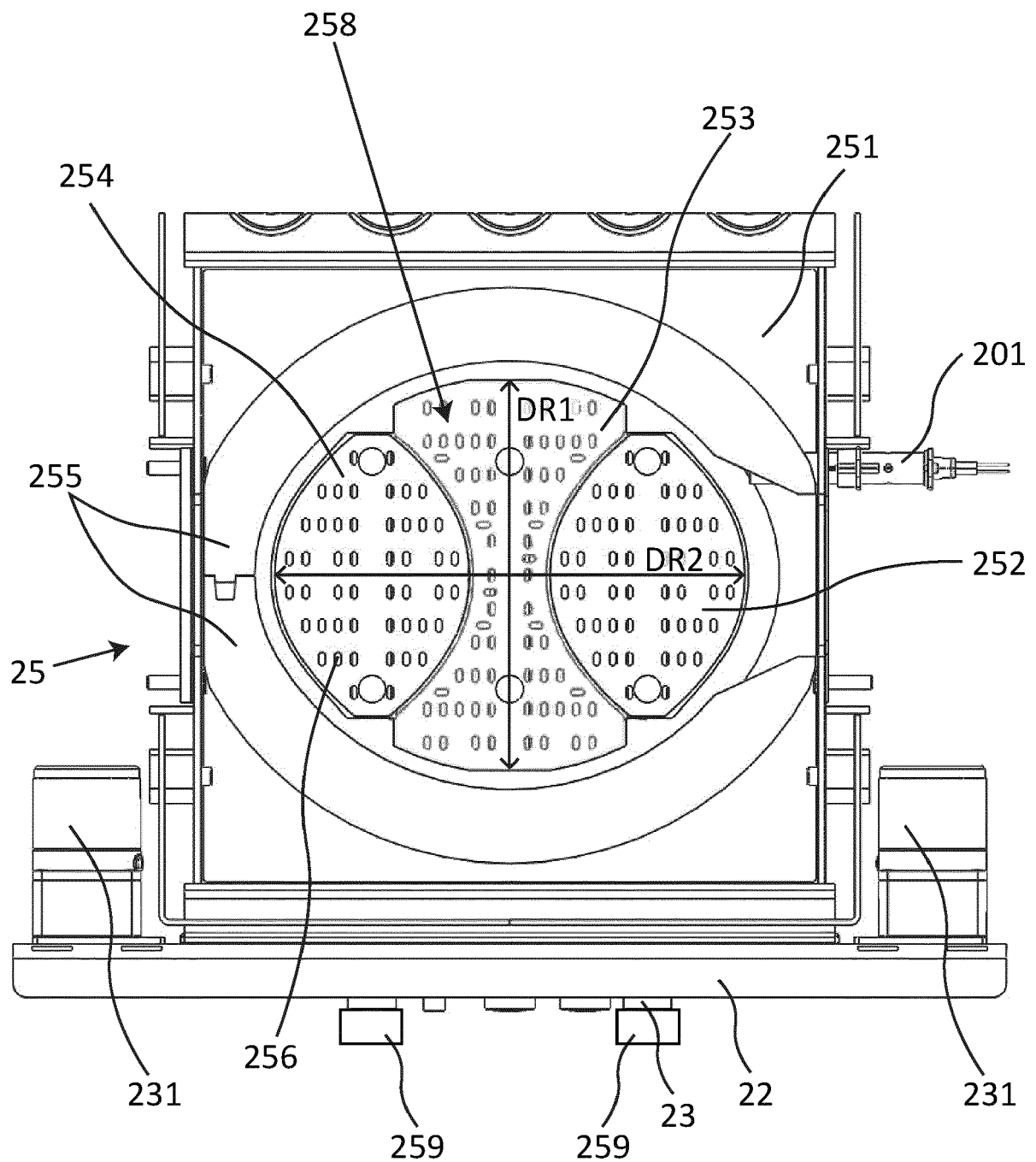


Fig. 9

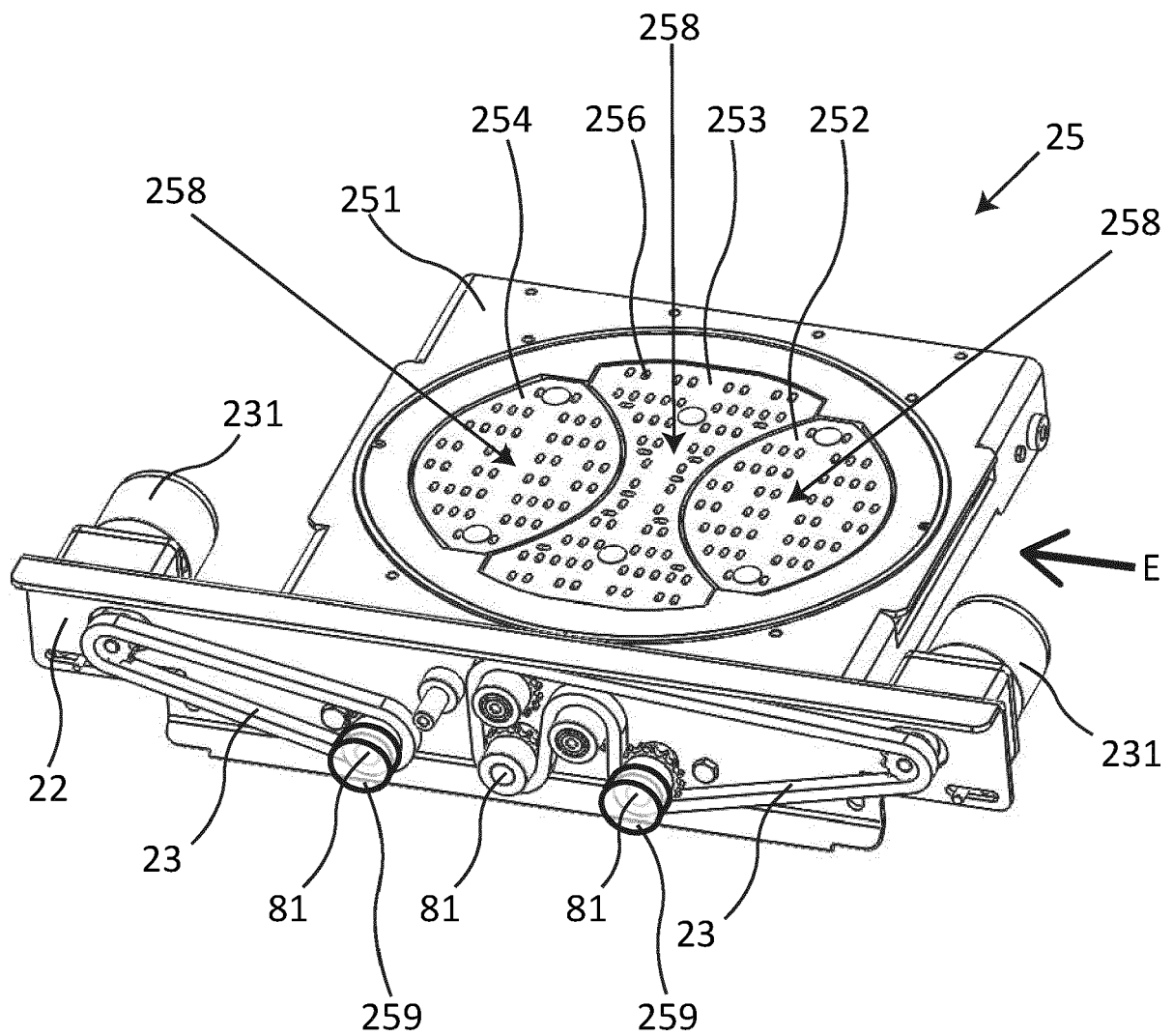


Fig. 10

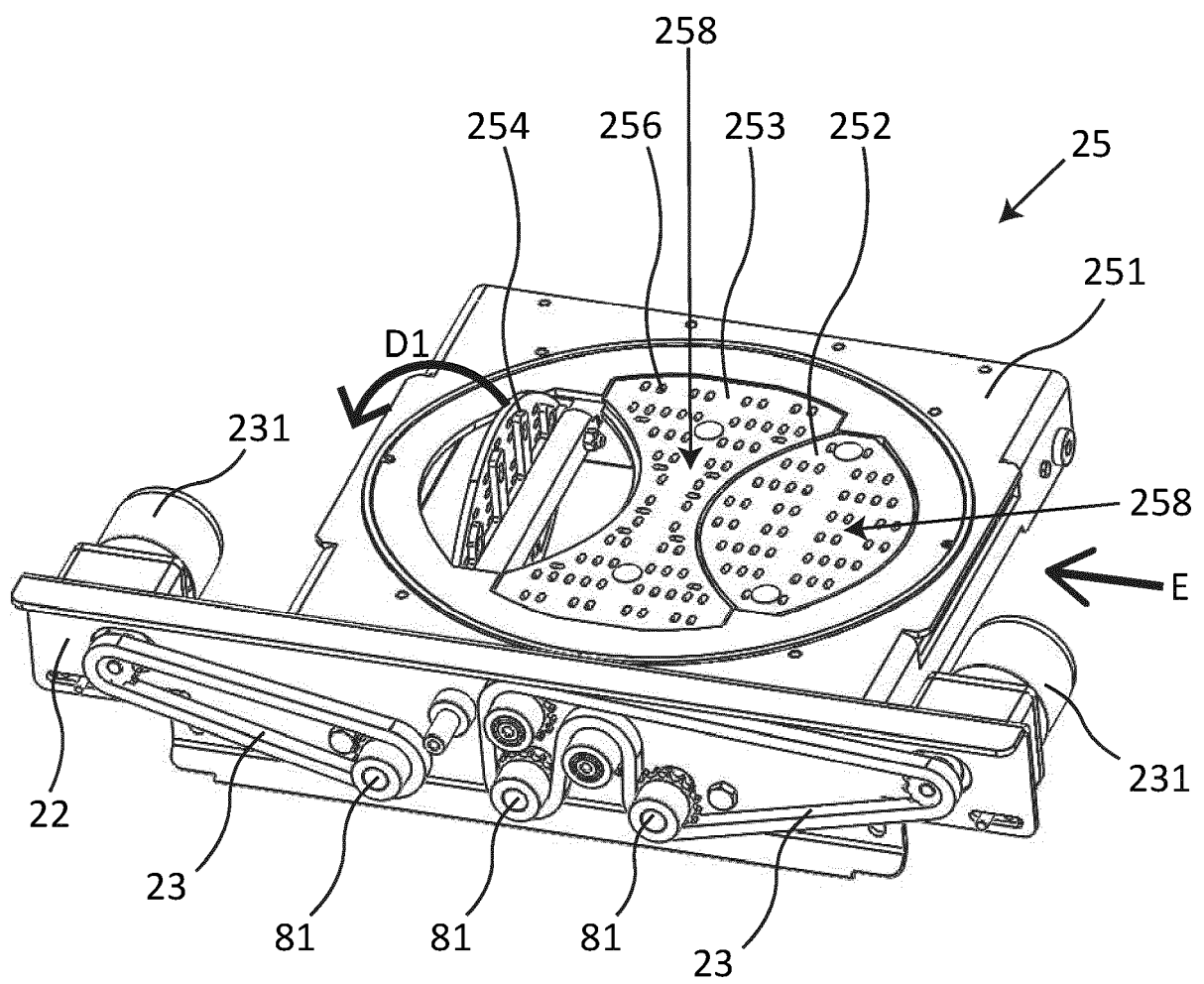


Fig. 11

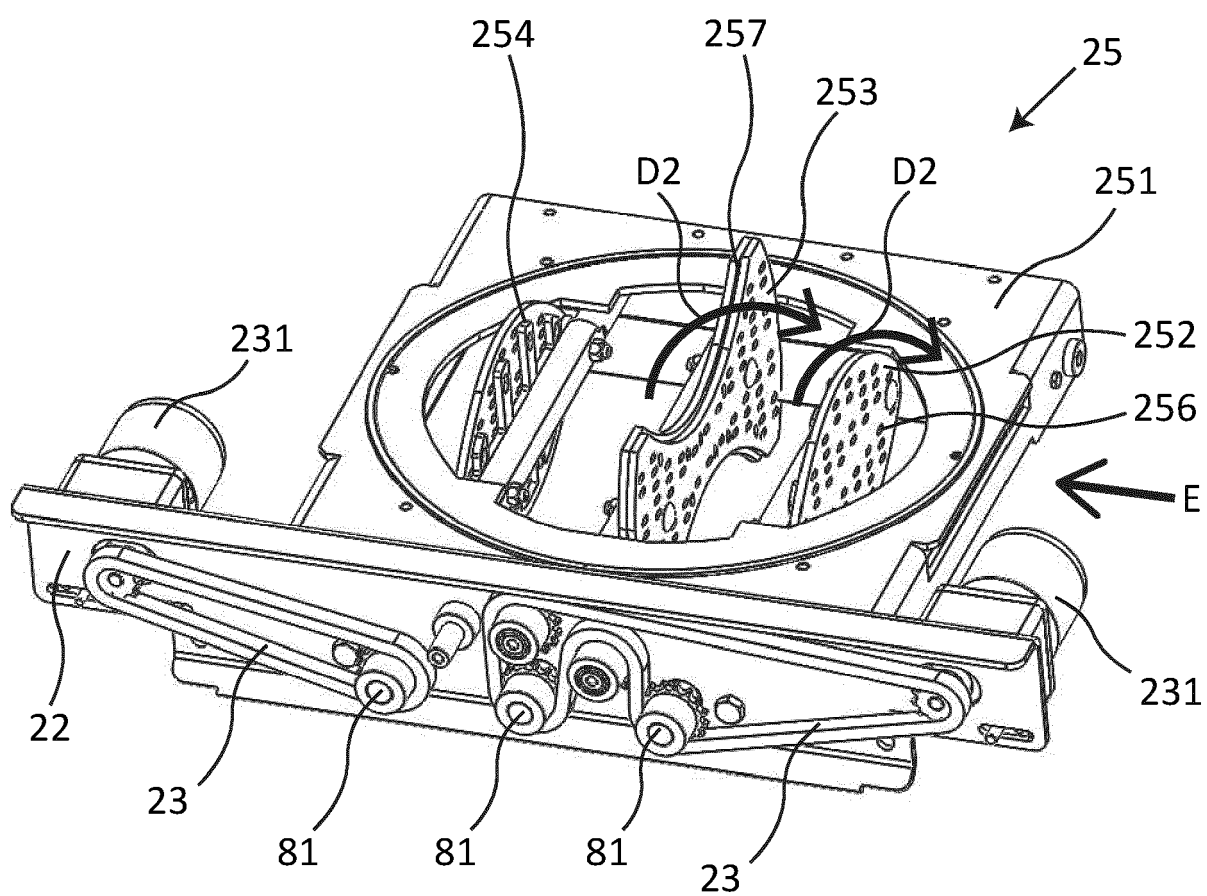


Fig. 12

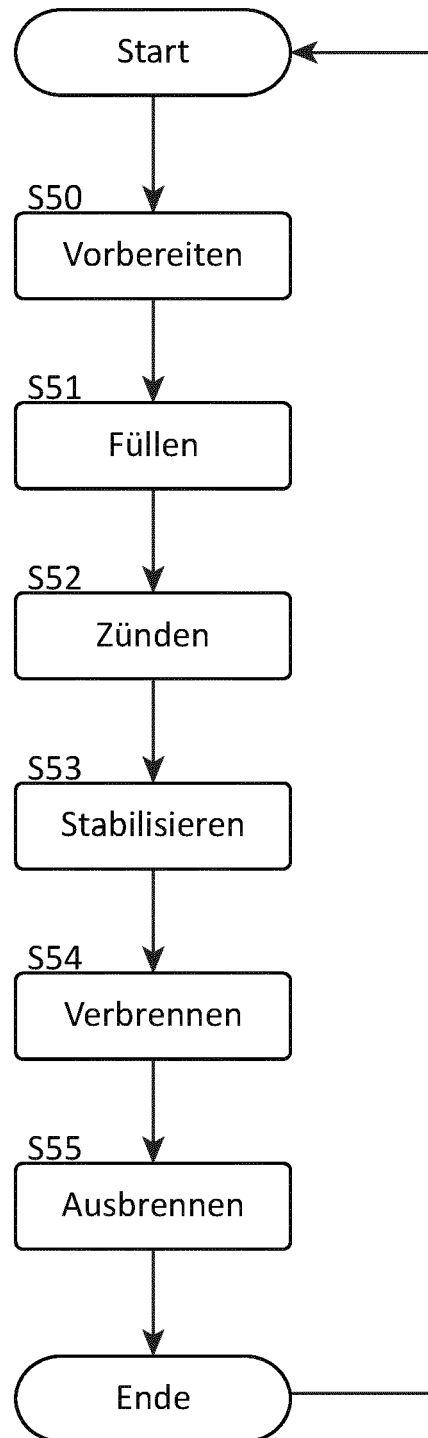
Verbrennungszyklus

Fig. 13

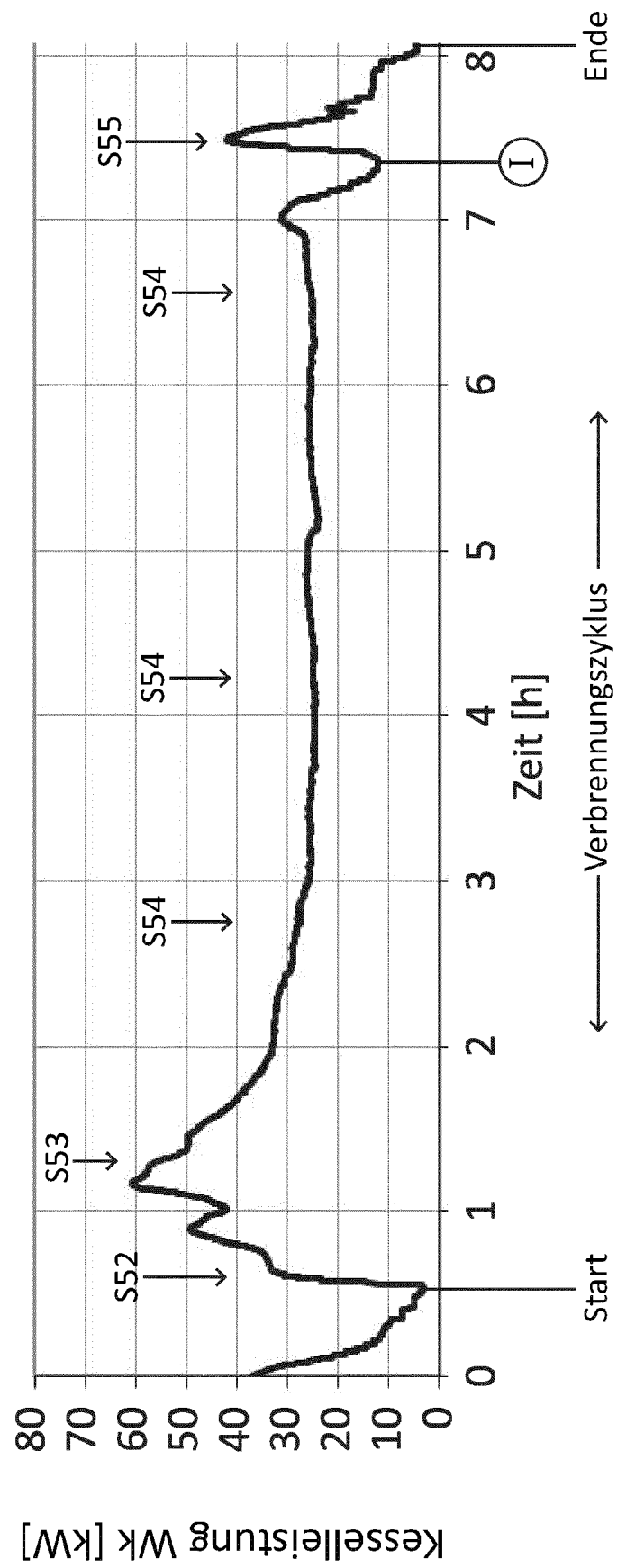


Fig. 14

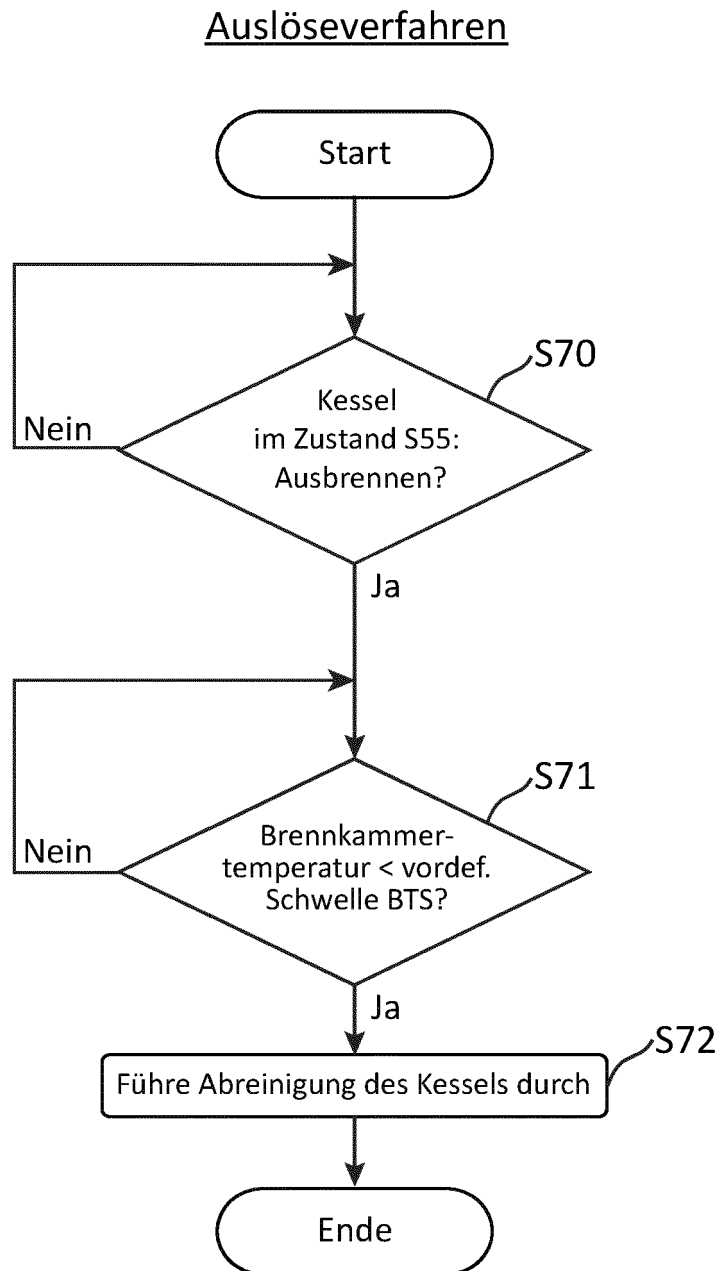


Fig. 15

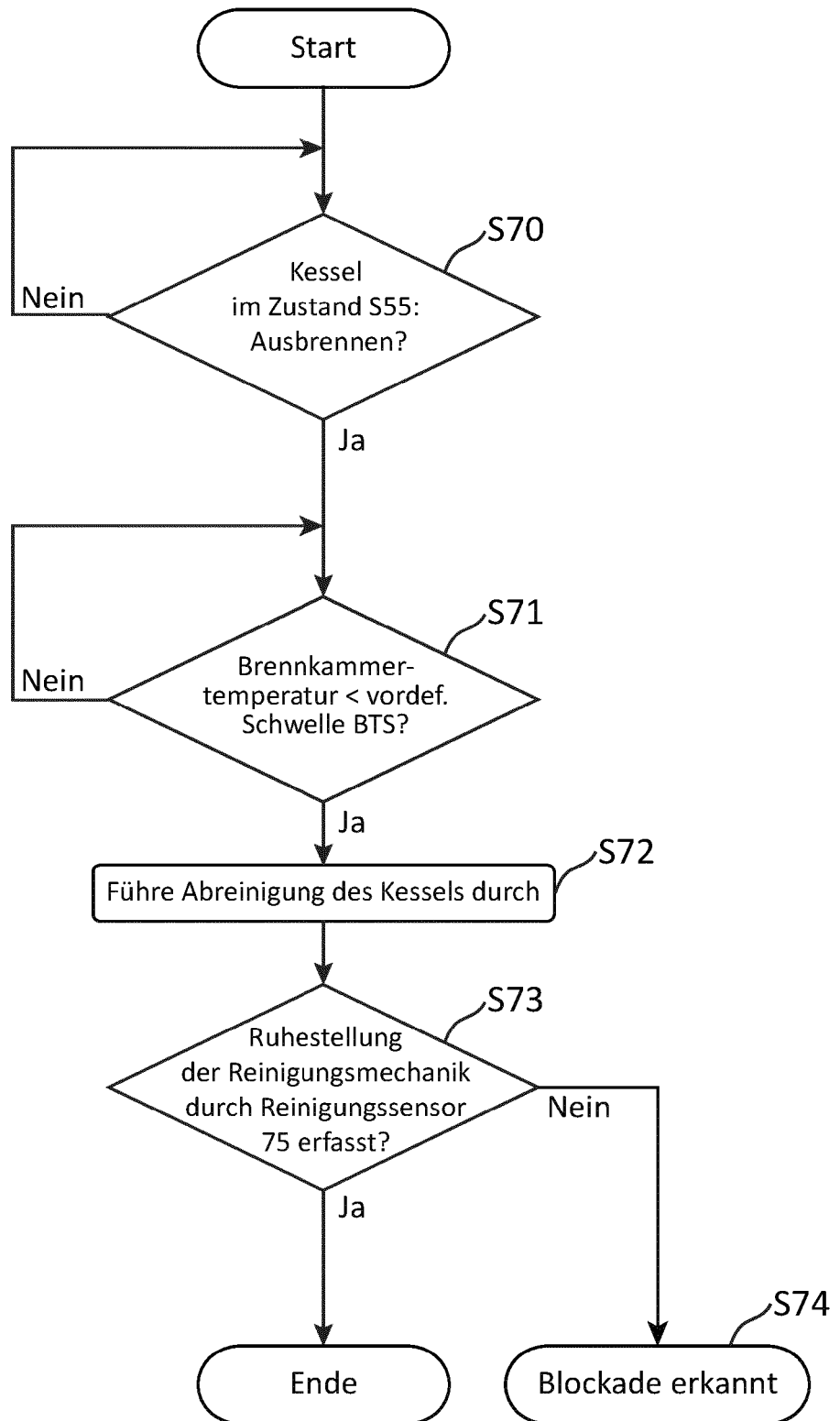


Fig. 16

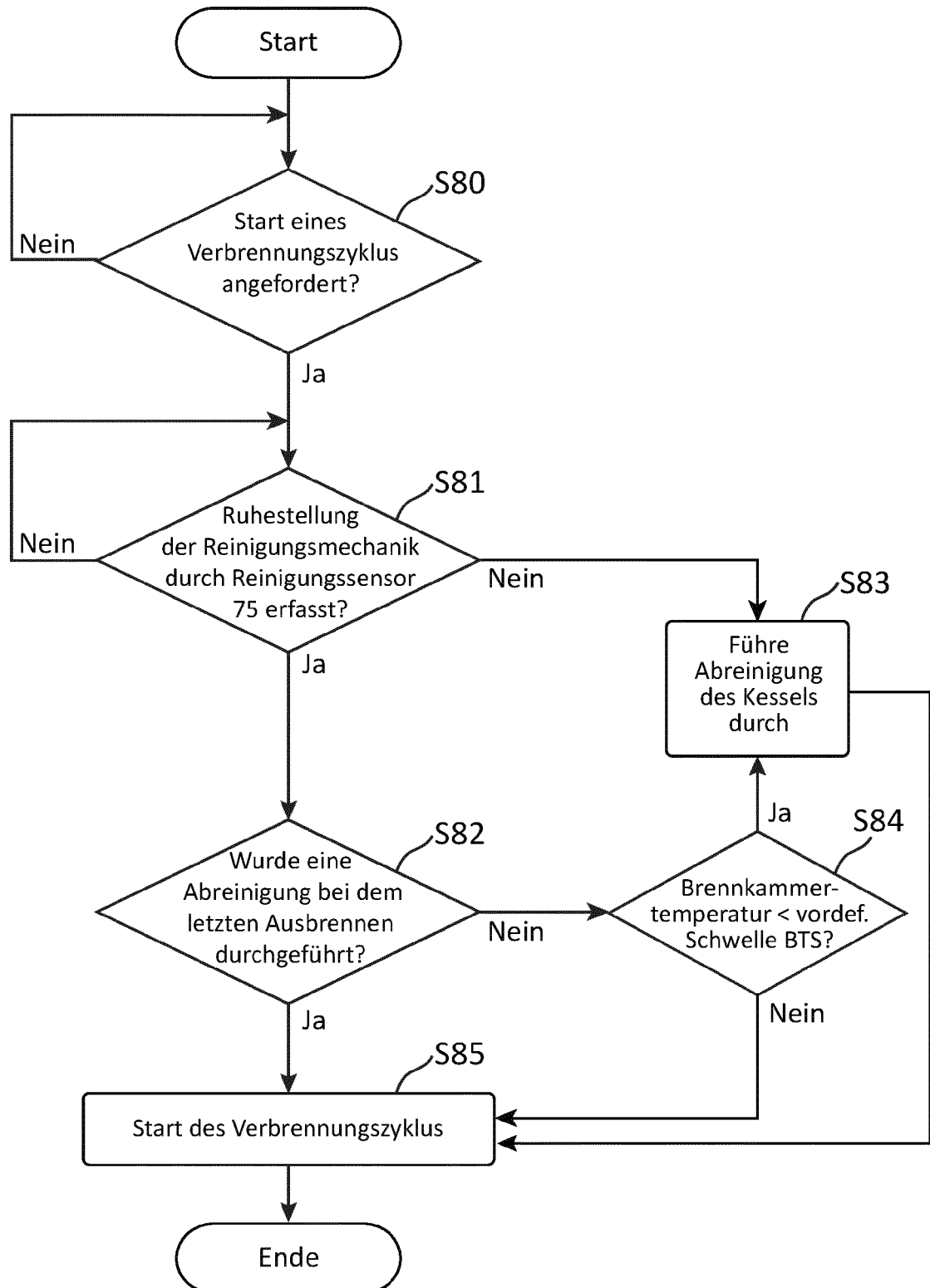
Abreinigungsoptimierungsverfahren

Fig. 17a

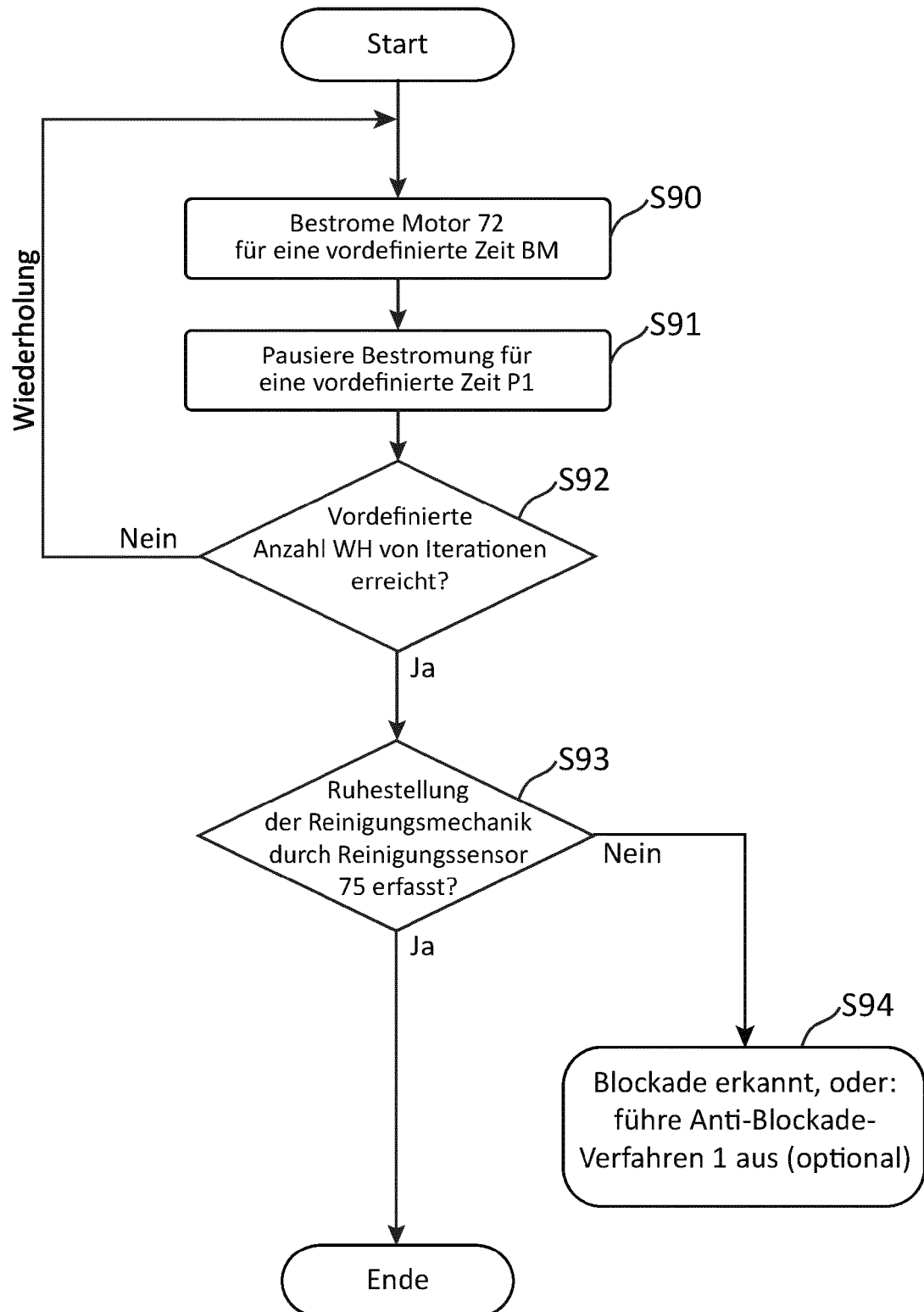
Abreinigung des Kessels

Fig. 17b

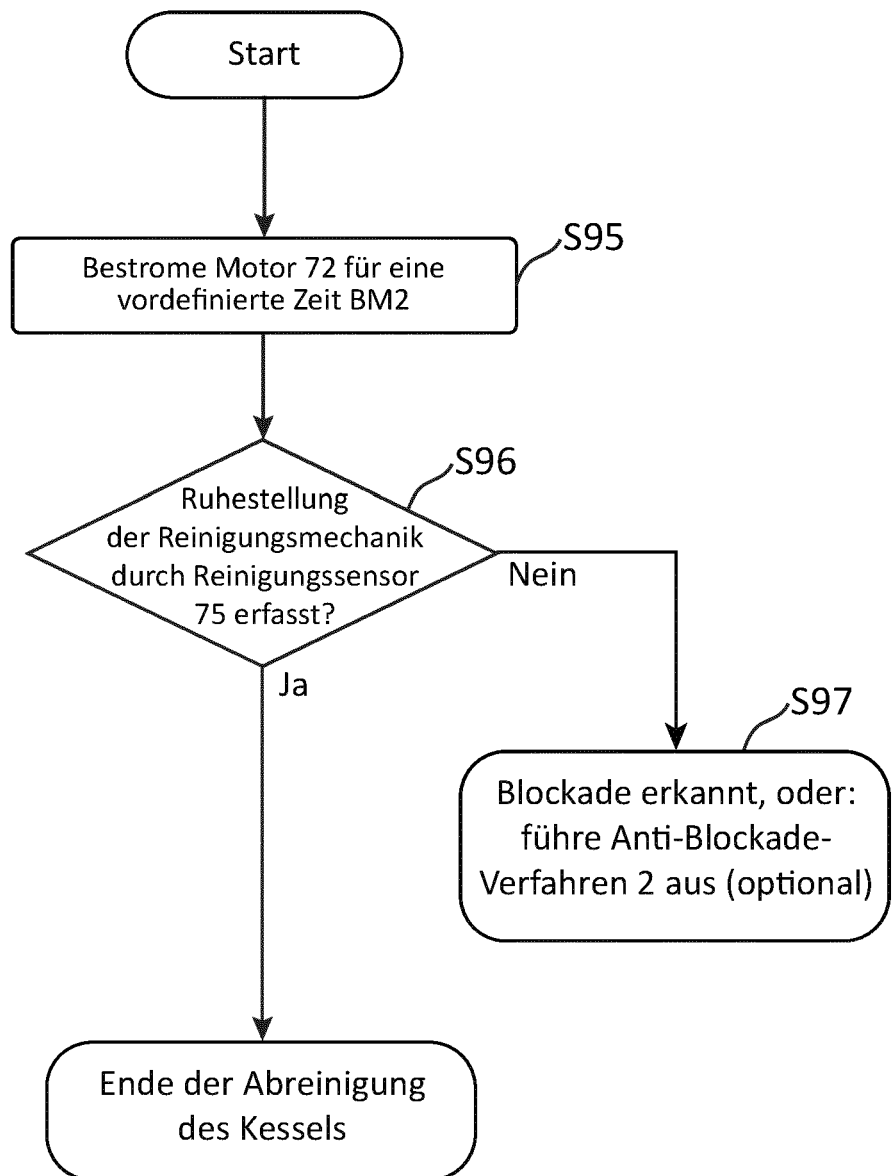
Anti-Blockade-Verfahren 1

Fig. 17c

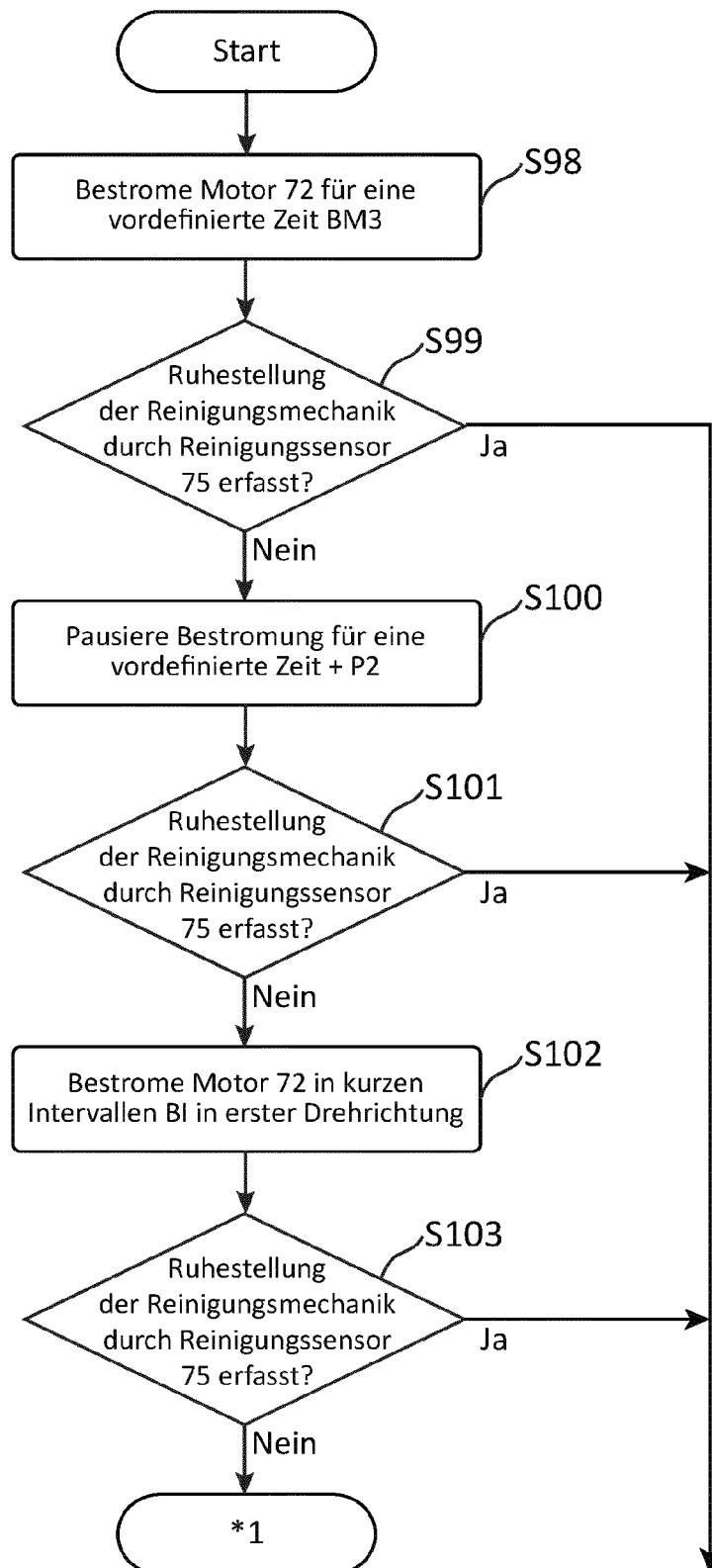
Anti-Blockade-Verfahren 2

Fig. 17d

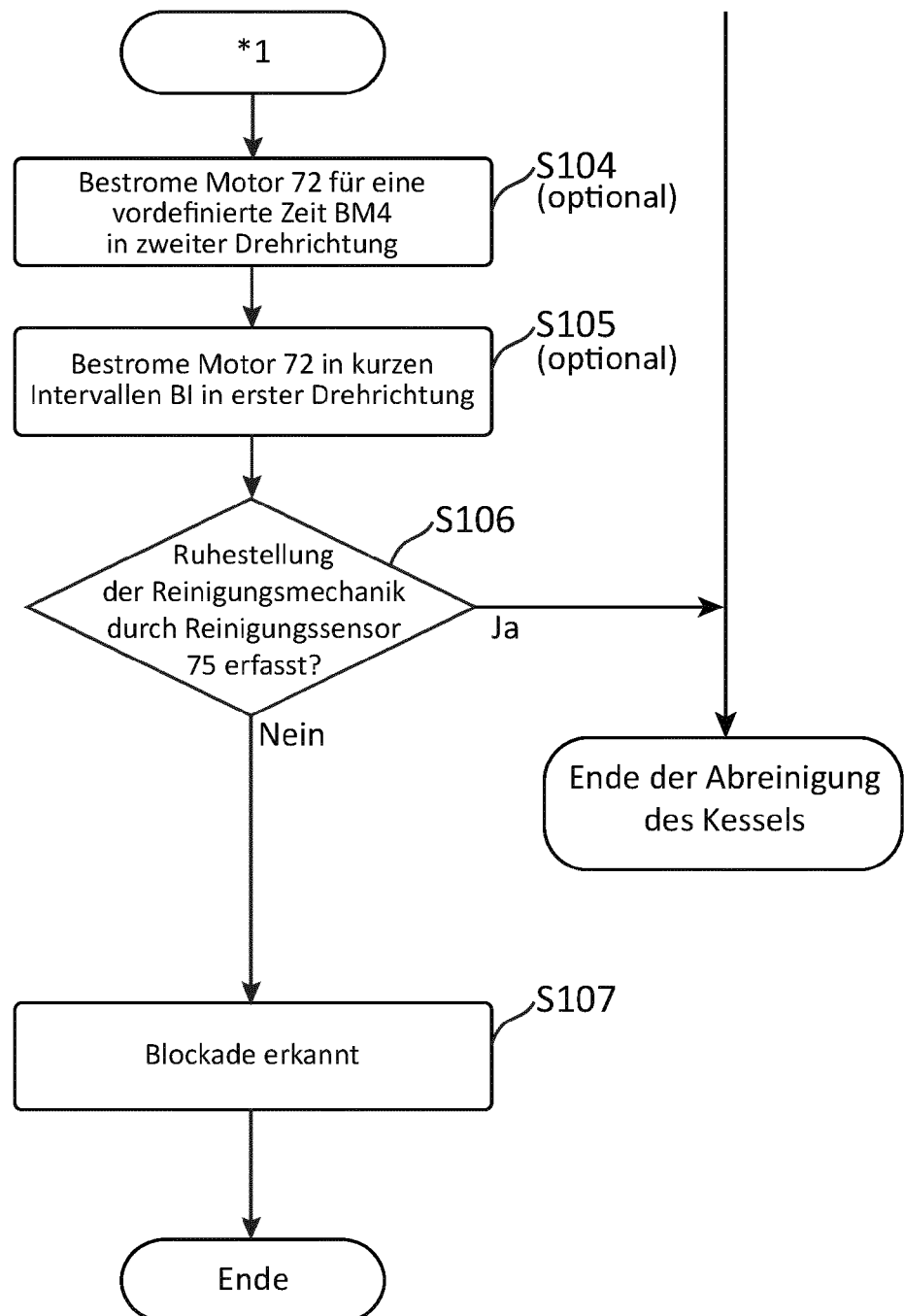
Anti-Blockade-Verfahren 2

Fig. 18

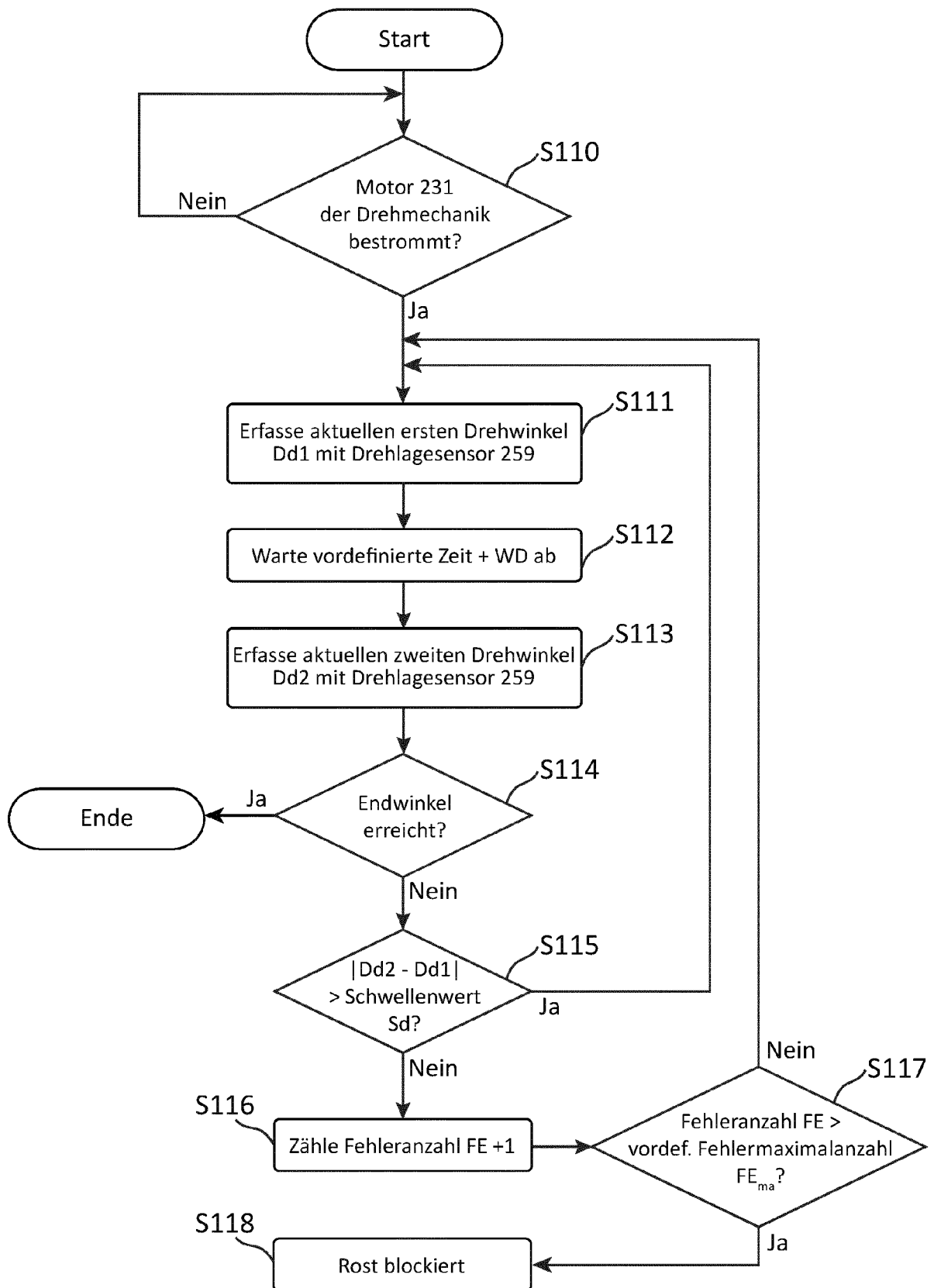
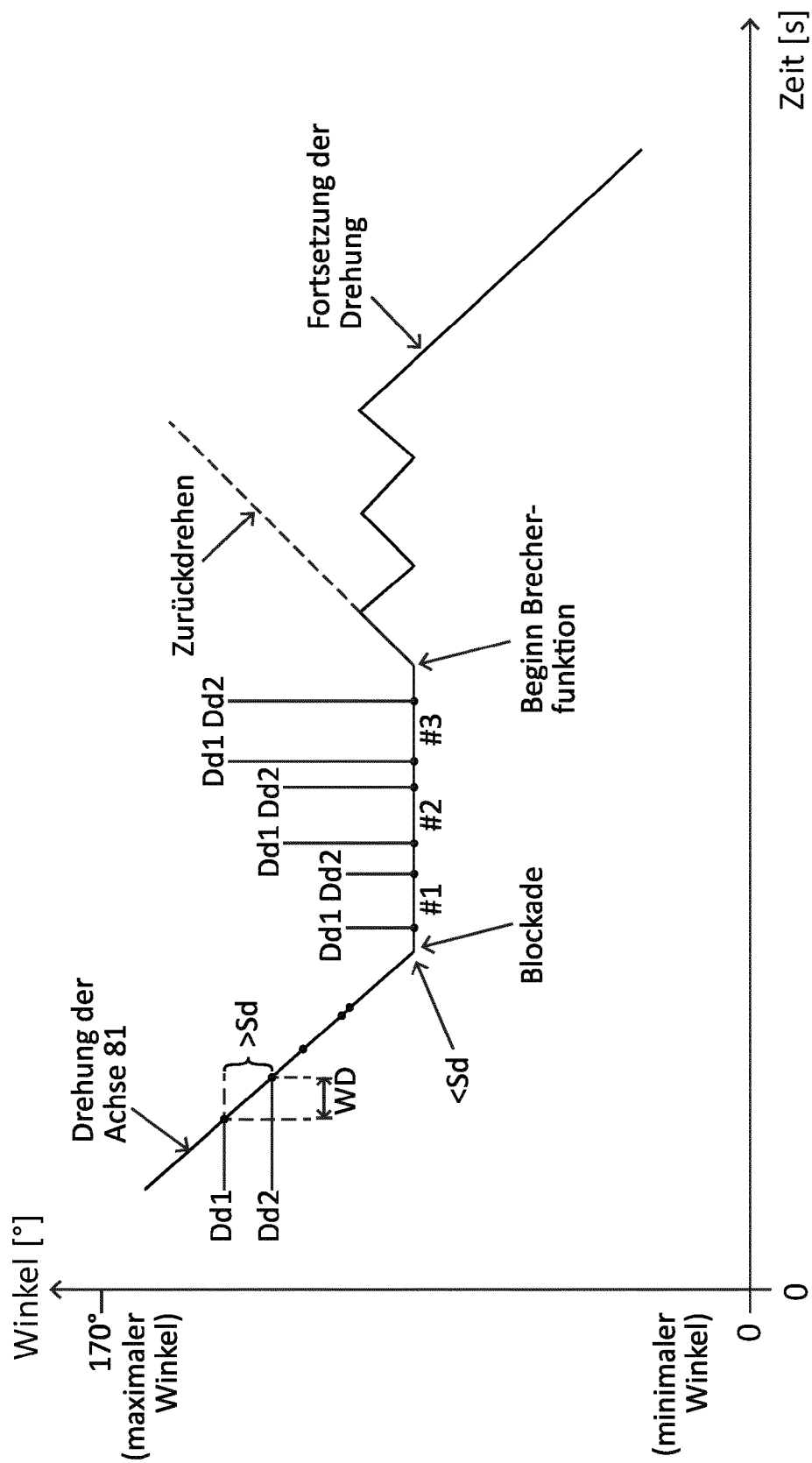
Blockadedetektionsverfahren für den Drehrost

Fig. 19





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 9601

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 4 056 900 A1 (SL TECHNIK GMBH [AT]) 14. September 2022 (2022-09-14)	1, 6	INV. F23B60/02
A	* Absatz [0001]; Abbildungen 1, 2, 8-23 * * Absatz [0013] - Absatz [0016] * * Absätze [0039], [0049] * * Absätze [0076], [0083] - [0087] * * Absätze [0116], [0121], [0124] * * Absatz [0144] * * Absatz [0201] - Absatz [0215] * * Absätze [0219] - [0221] * * Absatz [0228] - Absatz [0231] * * Absatz [0233] - Absatz [0329] * -----	2, 7, 12, 14, 15	F23H15/00 F23J1/06 F23J3/02
X	US 2007/125281 A1 (INGVARSSON ROBERT [SE]) 7. Juni 2007 (2007-06-07) * Absatz [0001]; Abbildungen 2, 2a, 3a, 3b, 3c * * Absätze [0016], [0021], [0022] * * Absatz [0025] * * Absatz [0031] - Absatz [0034] * -----	1	
X	US 2007/215021 A1 (KRUMREI TERRY L [US]) 20. September 2007 (2007-09-20) * Absätze [0002], [0008], [0010]; Abbildungen 1, 2, 4-9, 19 * * Absätze [0013], [0014] * * Absatz [0052] * * Absatz [0057] * * Absatz [0061] - Absatz [0068] * * Absatz [0092] * -----	1, 7, 11, 14, 15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23B F23H F23J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Mai 2023	Prüfer Hauck, Gunther
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 20 9601

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-05-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 4056900 A1	14-09-2022	EP 4056900 A1	14-09-2022
		EP 4184058 A1	24-05-2023
		WO 2022189200 A1	15-09-2022
US 2007125281 A1	07-06-2007	KEINE	
US 2007215021 A1	20-09-2007	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3789676 B1 **[0023]**
- EP 3789670 B1 **[0132]**
- EP 21218434 A **[0330]**