



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.09.2022 Patentblatt 2022/37

(21) Anmeldenummer: **21161524.0**

(22) Anmeldetag: **09.03.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23J 3/02 (2006.01) **F24H 9/00** (2022.01)
F24B 13/00 (2006.01) **F28G 1/00** (2006.01)
F28G 1/06 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23B 80/04; B03C 3/014; B03C 3/017; B03C 3/41;
B03C 3/49; B03C 3/743; B03C 3/76; B03C 3/88;
F23B 60/00; F23J 3/02; F23L 9/02; F24B 1/024;
F24H 1/40; F24H 9/0042; F28D 7/16; (Forts.)

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **SL-Technik GmbH**
5120 St. Pantaleon (AT)

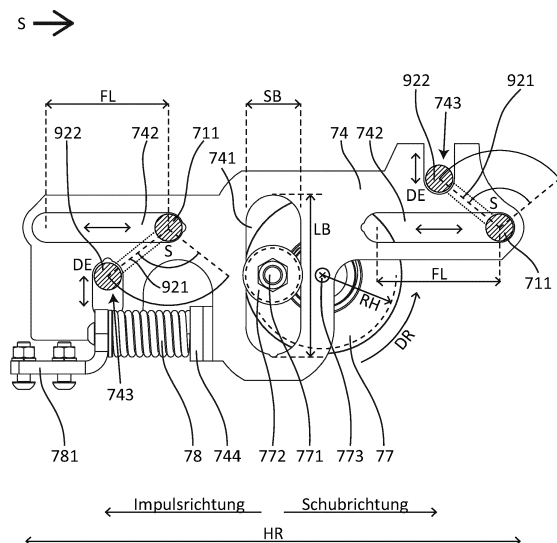
(72) Erfinder: **SOMMERAUER, Thilo**
5120 St. Pantaleon (AT)

(74) Vertreter: **Kuhnen & Wacker**
Patent- und Rechtsanwaltsbüro PartG mbB
Prinz-Ludwig-Straße 40A
85354 Freising (DE)

(54) **BIOMASSE-HEIZANLAGE MIT EINER VERBESSERTEN REINIGUNGSEINRICHTUNG**

(57) Biomasse-Heizanlage (1) zur Verfeuerung von Brennstoff in Form von Pellets und/oder Hackgut, aufweisend: einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2), einen Wärmetauscher (3) mit einer Mehrzahl von Kesselrohren (32), eine Reinigungseinrichtung (9), welche das Folgende aufweist: eine Antriebseinheit (72) zum Antrieb der Reinigungseinrichtung (9), ein Kurbelement (77), dass über einen Freilauf (73) mit der Antriebseinheit (72) gekoppelt ist, wobei die Antriebseinheit das Kurbelement in einer Drehrichtung (DR) antreiben kann, ein Schubglied (74), das hin- und her bewegbar vorgesehen ist und das mit dem Kurbelement (77) gekoppelt ist; zumindest eine Reinigungswelle (92), die mit dem Schubglied (74) wirkverbunden angeordnet ist, zumindest ein Reinigungselement (36, 37, 48, 96), das mit der Reinigungswelle (92) wirkverbunden angeordnet ist; wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass das Schubglied (74) bei Drehung des Kurbelements in Drehrichtung (DR) durch die Antriebseinheit in einer Schubrichtung verschoben wird; und das Schubglied (74) nach dem Überschreiten einer vorbestimmten Kurbeldrehposition des Kurbelements (77) in einer Impulsrichtung, die der Schubrichtung entgegengesetzt ist, verschoben wird.

Fig. 15



(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F28F 1/40; F28F 13/12; F28G 1/06; F28G 15/04;
B03C 2201/08; B03C 2201/10; F24B 5/026;
F24B 13/006; F28D 2021/0024

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die Erfindung betrifft eine Biomasse-Heisanlage, sowie deren Bestandteile. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Biomasse-Heisanlage mit einer verbesserten Reinigungseinrichtung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Biomasse-Heisanlagen, insbesondere Biomasse-Kessel, 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 beziehungsweise als biogene Festbrennstoffe gibt es beispielsweise Hackgut oder Pellets.

[0003] 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 zerkleiner-
tes Holz.

[0004] Biomasse-Heisanlagen für Brennstoffe in Form von Pellets und Hackgut weisen im Wesentlichen einen Kessel mit einer Brennkammer (der Verbrennungsraum) und mit einer daran anschließenden Wärmetausvorrichtung auf. Aufgrund der in vielen Ländern verschärfter gesetzlicher Vorschriften weisen einige Biomasse-Heisanlagen auch einen Feinstaubfilter auf. Regelmäßig ist weiteres verschiedenes Zubehör vorhanden, wie beispielsweise Brennstoff-Fördereinrichtungen, Regelungseinrichtungen, Sonden, Sicherheitsthermostate, Druckschalter, eine Abgasrückführung, eine Kesselabreinigung und ein separater Brennstoffbehälter.

[0005] 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 Gebläse 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 von der Seite über eine Schnecke oder einen Kolben in die Brennkammer eingeschoben.

[0006] In der Brennkammer einer Festbettfeuerung 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, beispielsweise Schlitze, auf, die den Durchgang eines Teils der Verbrennungsluft als Primärluft zu dem

Brennstoff erlauben. Weiter kann der Rost starr oder beweglich ausgeführt sein. Zudem gibt es Rostfeuerungen, bei denen die Verbrennungsluft nicht durch den Rost, sondern nur seitlich zugeführt wird.

[0007] Beim Durchströmen des Rosts mit der Primärluft wird unter anderem auch der Rost gekühlt, wodurch das Material geschont wird. Zudem kann es bei unzureichender Luftzuführung auf dem Rost zu Schlackenbildung kommen, wobei sich die Schlacke wiederum auch (u. A. bei Reinigung des Rostes) ablösen kann und in die restliche Biomasse-Heisanlage weitergetragen werden kann. 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 und damit variable Verbrennungsrückstände aufweisen. Damit ist es problematisch eine Heisanlage vorzusehen, die für unterschiedliche Brennstoffe gleichermaßen gut geeignet ist. Eine gute Eignung für unterschiedliche Brennstoffe setzt dabei eine regelmäßige und effiziente Abreinigung der Biomasse-Heisanlage voraus.

[0008] Die Brennkammer kann weiterhin regelmäßig in eine Primärverbrennungszone (unmittelbare Verbrennung des Brennstoffes auf dem Rost sowie im Gasraum darüber vor Zuführung einer weiteren Verbrennungsluft) und eine Sekundärverbrennungszone (Nachverbrennungszone des Rauchgases nach einer weiteren Luftzufuhr) eingeteilt werden. In der Brennkammer erfolgen die Trocknung, pyrolytische Zersetzung sowie die Vergasung des Brennstoffes und der Holzkohleausbrand. Um die entstehenden brennbaren Gase vollständig zu verbrennen wird zudem eine weitere Verbrennungsluft in einer oder mehreren Stufen (Sekundärluft bzw. Tertiärluft) bei Beginn der Sekundärverbrennungszone eingebracht.

[0009] 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 (An-)Teils sowie die Verbrennung der eventuell vorhandenen restlichen Feststoffe (beispielsweise Holzkohle) ein. Insofern gast der Brennstoff aus, und das entstandene Gas sowie die darin vorhandene Holzkohle werden mitverbrannt.

[0010] 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, Wasserdampf, oder auch Kohlendioxid. Der Lambda-Wert bei der Vergasung ist größer als null und kleiner als eins. Die Vergasung findet bei rund 300 bis 850°C oder sogar bis 1.200 °C statt. Die vollständige Oxidation mit Luftüberschuss (Lambda größer 1) findet durch weitere Luftzugabe an diese Prozesse anschließend 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 Lamdasonde kann der Verbrennungsprozess vorteilhaft geregelt werden.

[0011] Allgemein ausgedrückt wird der Wirkungsgrad der Verbrennung durch die Umwandlung der Pellets in Gas erhöht, weil gasförmiger Brennstoff mit der Verbrennungsluft besser vermischt und damit vollständiger umgesetzt wird, und eine geringere Emission von Schadstoffen, weniger unverbrannte Partikel und Asche (Flugasche bzw. Staubpartikel) erzeugt werden.

[0012] Bei der Verbrennung von Biomasse entstehen gasförmige bzw. 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 vollständiger genutzt werden kann. Die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) verhält sich weitgehend proportional zum Kohlenstoffgehalt der verbrannten Brennstoffmenge; somit ist der Kohlenstoffdioxid auch abhängig von der bereitzustellenden Nutzenergie. Eine Reduzierung kann im Wesentlichen nur durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt werden. Der Kessel weist weiter üblicherweise einen Strahlungsteil, der in die Brennkammer integriert ist, und ein Konvektionsteil (dem daran anschließenden Wärmetauscher) auf.

[0013] Das Abgas der Verbrennung in der Brennkammer wird dem Wärmetauscher zugeführt, so dass die heißen Verbrennungsgase durch den Wärmetauscher strömen, um Wärme auf ein Wärmetauschemedium zu übertragen, bei dem es sich normalerweise um Wasser bei

etwa 80°C (üblicherweise zwischen 70 °C und 110°C) handelt. Insbesondere bei diesem Abkühlungsvorgang können sich Verbrennungsrückstände in den Rohren des Wärmetauschers festsetzen und dabei auch sehr fest anhaften.

[0014] Es sind die vorstehend beschriebenen komplexen Verbrennungsvorgänge nun nicht einfach zu beherrschen. Es können verschiedene Arten von Brennstoffrückständen, beispielsweise Asche oder Schlacke, entstehen, welche sich im gesamten Verlauf der Strömungsführung der Biomasse-Heisanlage ausbreiten und die sich unterschiedlich gut abreinigen lassen.

[0015] Insbesondere können diese Verbrennungsrückstände, je nach Temperaturzustand oder auch beispielsweise bei Kondensation und ebenso in einem (optionalen) Elektrofilter an den Wänden oder sonstigen Teilen des Kessels anhaften. Besonders problematisch ist, dass die Anhaftung der Verbrennungsrückstände sehr fest bzw. beständig sein kann, womit das Problem besteht, dass eine Reinigung des Kessels (insbesondere bei einer händischen Reinigung) recht schwierig ist. Die Praxis zeigt, dass die Verbrennungsrückstände insbesondere im Wärmetauscher und im (optionalen) Elektrofilter fest anhaften oder anbacken können, womit eine Abreinigung dessen nochmals erschwert wird.

[0016] Insbesondere Feuerungen, die mit unterschiedlichen Brennstoffen beschickt werden sollen, womit sich die vorliegende Offenbarung besonders beschäftigt, weisen die inhärente Problematik auf, dass die unterschiedlichen Brennstoffe unterschiedliche Ascheschmelzpunkte, Wassergehalte und unterschiedliches Brennverhalten aufweisen. Damit weisen insbesondere Heizanlagen mit brennstoffflexibler Beschickung das Problem sehr variabler -in der Praxis kaum vorhersehbarer- Entstehung von Verbrennungsrückständen unterschiedlicher chemischer und physikalischer Eigenschaften auf. Insofern muss eine Abreinigung der Biomasse-Heisanlage auch mit diesen unterschiedlichen Verbrennungsrückständen zurechtkommen.

[0017] Grundsätzlich bestehen bei herkömmlichen Biomasse-Heisanlagen die weiteren Probleme, dass die gasförmigen oder festen Emissionen zu hoch sind, dass der Wirkungsgrad zu niedrig ist und dass die Staubemissionen zu hoch sind. Problematisch ist weiter die variierende Qualität des Brennstoffs, aufgrund des variierenden Wassergehalts und der Stückigkeit des Brennstoffs, womit ein gleichmäßiger Abbrand des Brennstoffs mit niedriger Emission erschwert wird. Insbesondere bei Biomasse-Heisanlagen, welche für verschiedene Arten von biologischem bzw. biogenem Brennstoff tauglich sein sollen, erschwert es die variierende Qualität und Konsistenz des Brennstoffs, eine durchgängig hohe Effizienz der Biomasse-Heisanlage aufrechtzuerhalten. Diesbezüglich besteht Optimierungsbedarf.

[0018] Ein Nachteil der herkömmlichen Biomasse-Heisanlagen für Pellets kann darin bestehen, dass Pellets, die in die Brennkammer fallen, aus dem Gitter bzw. vom Rost herausrollen bzw. abrutschen können oder ne-

ben dem Rost landen 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 bzw. den Ascheschacht 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, welche die Biomasse-Heisanlage wiederum verschmutzen. Dies gilt für Pellets wie auch für Hackschnitzel.

[0019] Als Stand der Technik betreffend einer Reinigungseinrichtung für einen Heizkessel ist die EP 1 830 130 A2 bekannt. Diese offenbart einen Heizkessel mit einer Rauchgasklappe für ein im Wesentlichen rauchfreies Öffnen einer Fülltür eines Füllraums. Zum Befüllen des Heizkessels mit Brennstoff wird vorgeschlagen, die Fülltür mit einer Sicherheitseinrichtung auszustatten, welche bei geöffneter oder geschlossener Fülltür bei gleichzeitig geöffneter arretierter Rauchgasklappe ein Signal erzeugt und eventuell anzeigt oder bei geschlossener Fülltür oder während eines Schließens der Fülltür die Arretierung der geöffneten Rauchgasklappe löst. Die Sicherheitseinrichtung ist im Besonderen ein federvorgespannter Kipphebel, welcher als Fühler einer offenen oder geschlossenen Fülltür und als Schaltelement zum Betätigen eines Betätigungshebels der Rauchgasklappe dient. Der Betätigungshebel kann gegebenenfalls auch gleichzeitig eine Wärmetauscher-Reinigungsvorrichtung betätigen, die an die Rauchgasklappe angekoppelt ist.

[0020] Diese Reinigungseinrichtung hat die Nachteile, dass diese manuell betätigt werden muss, und das die Bewegung der Wärmetauscher-Reinigungsvorrichtung durch die Betätigung des Betätigungshebels zu einem ineffizienten mechanischen Abreinigungsvorgang führt, der Probleme dabei hat, die Verbrennungsrückstände aus dem Wärmetauscher zu entfernen.

[0021] Biomasse-Heisanlagen für Pellets oder Hackgut mit Reinigungseinrichtungen des Stands der Technik weisen die folgenden weiteren Nachteile und Probleme auf.

[0022] Die Lautstärke des Abreinigungsvorgangs ist oft recht erheblich, was beispielsweise bei Biomasse-Heisanlagen für Wohngebäude nicht erwünscht ist.

[0023] Die Abreinigung ist ineffizient und erfordert eine häufig wiederkehrende und/oder längere Durchführung des Abreinigungsvorgangs um eine ausreichende Reinigungswirkung zu erzielen.

[0024] Die Abreinigung ist unvollständig. Es bleiben Verbrennungsrückstände in der Biomasse-Heisanlage zurück. Dies gilt insbesondere für die gasführenden Anlagenteile, welche nicht unmittelbar von der mechanischen Abreinigung berührt bzw. erfasst werden.

[0025] Die Reinigungseinrichtungen sind mechanisch komplex. Beispielsweise erfordern diese eine Mehrzahl von unterschiedlichen Antrieben und gesondert zueinander vorgesehene Mechanismen zur Abreinigung der

unterschiedlichen Anlagenteile. Beispielsweise werden Elektrofilter und Wärmetauscher üblicherweise mit unterschiedlichen Mechanismen abgereinigt.

[0026] Störend sind auch Unterbrechungen des Betriebs der Biomasse-Heisanlage, um Wartungsarbeiten zum Reinigen durchzuführen, welche aufgrund der Ineffizienz und Unvollständigkeit der automatischen Reinigungseinrichtungen des Stands der Technik durchgeführt werden müssen. Um nun die Verbrennungsrückstände zu verringern und damit das Wartungsintervall zu vergrößern wird in der Brennkammer normalerweise nachteilhaft ein großer Luftüberschuss aufrechterhalten, doch dadurch nehmen die Flammentemperatur und der Wirkungsgrad der Verbrennung ab, und es kommt zu erhöhten Emissionen an unverbrannten Gasen (z.B. CO, CyHy), NOx und Staub (bspw. durch die verstärkte Aufwirbelung). Auch dies ist ein Problem, welche herkömmliche Biomasse-Heisanlagen mit Reinigungseinrichtungen aufweisen können.

[0027] Weiter besteht insbesondere auch bei den Wärmetauschern von Biomasse-Heisanlagen des Stands der Technik Optimierungsbedarf, d.h., deren Effizienz könnte gesteigert werden. Die Effizienz des Wärmetauschers ist dabei auch von dessen Verschmutzungsgrad abhängig. Damit besteht Verbesserungsbedarf betreffend der oft umständlichen und ineffizienten Abreinigung von herkömmlichen Wärmetauschern.

[0028] Das gleiche gilt für die üblichen Elektrofilter von Biomasse-Heisanlagen. Deren Sprüh- und auch Abscheideelektroden setzen sich regelmäßig mit Verbrennungsrückständen zu, was die Ausbildung des elektrischen Feldes zur Filterung verschlechtert und die Effizienz der Filterung verringert.

[0029] Es kann folglich eine Aufgabe der Erfindung sein, eine Biomasse-Heisanlage mit einer optimierten Reinigungseinrichtung vorzusehen.

[0030] Es kann in der Folge auch eine Aufgabe der Erfindung sein, eine Biomasse-Heisanlage in Hybridtechnologie vorzusehen, welche emissionsarm (v.a. bzgl. Feinstaub, CO, Kohlenwasserstoffen, NOx) ist, welche brennstoffflexibel mit Hackgut und Pellets betrieben werden kann, und welche einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Das vorstehende kann die sekundäre Folge einer verbesserten Abreinigung sein.

[0031] Dabei können erfindungsgemäß und ergänzend folgende Überlegungen eine Rolle spielen:

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

[0032] Möglichst niedrige gasförmige Emissionen (kleiner als 50 oder 100 mg/Nm³ bezogen auf trockenes Rauchgas und 13 Volumenprozent O₂) sollen erzielt werden.

[0033] Sehr niedrige Staubemissionen kleiner 15 mg/Nm³ ohne und kleiner 5 mg/Nm³ mit Elektrofilterbetrieb werden angestrebt.

[0034] Ein hoher Wirkungsgrad von bis zu 98% (bezogen auf die zugeführte Brennstoffenergie (Heizwert) soll

erreicht werden.

[0035] Weiter kann man berücksichtigen, dass der Betrieb der Anlage optimiert sein soll. Beispielsweise soll eine einfache Entaschung, einfache Reinigung oder eine einfache Wartung ermöglicht werden.

[0036] Zudem sollte eine hohe Anlagenverfügbarkeit vorhanden sein.

[0037] Dabei kann/können sich die vorstehend genannte Aufgabe oder die potentiellen Einzelproblemstellungen auch auf einzelne Teilaspekte der Gesamtanlage beziehen, beispielsweise auf die Brennkammer, den Wärmetauscher oder den elektrische Filtereinrichtung.

[0038] Diese Aufgabe(n) wird/werden durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere Aspekte und vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0039] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist Biomasse-Heisanlage zur Verfeuerung von Brennstoff in Form von Pellets und/oder Hackgut vorgesehen, die Biomasse-Heisanlage, aufweisend das Folgende:

einen Kessel mit einer Brenneinrichtung, einen Wärmetauscher mit einer Mehrzahl von Kesselrohren, eine Reinigungseinrichtung, welche das Folgende aufweist: eine Antriebseinheit zum Antrieb der Reinigungseinrichtung, ein Kurbelement, das über einen Freilauf mit der Antriebseinheit gekoppelt ist, wobei die Antriebseinheit das Kurbelement in einer Drehrichtung antreiben kann, ein Schubglied, das hin- und her bewegbar vorgesehen ist und das mit dem Kurbelement gekoppelt ist; zumindest eine Reinigungswelle, die mit dem Schubglied wirkverbunden gekoppelt ist, zumindest ein Reinigungselement, das mit der Reinigungswelle wirkverbunden angeordnet ist; wobei die Reinigungseinrichtung derart eingerichtet ist, dass das Schubglied bei Drehung des Kurbelements in Drehrichtung durch die Antriebseinheit in einer Schubrichtung verschoben wird; und das Schubglied, nach dem Überschreiten einer vorbestimmten Kurbeldrehposition des Kurbelements, in einer Impulsrichtung, die der Schubrichtung entgegengesetzt ist, verschoben wird.

[0040] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds in Impulsrichtung nicht durch die Antriebseinheit erfolgt.

[0041] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds in Impulsrichtung durch ein Drehmoment der Reinigungswelle bewirkt wird.

[0042] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das zumindest eine Reinigungselement bis zum Erreichen der vorbestimmten Kurbeldrehposition durch die Drehung des Kurbelements angehoben wird, und das zumindest eine Reinigungselement nach dem Überschreiten der vorbestimmten Kurbeldrehposition aufgrund des

Eigengewichts des zumindest einen Reinigungselements beschleunigt o oder schlagartig herabfällt.

[0043] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Reinigungseinrichtung derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds in Schubrichtung zumindest annähernd gleichförmig erfolgt.

[0044] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Reinigungseinrichtung derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds in Impulsrichtung beschleunigt erfolgt.

[0045] Biomasse-Heisanlage gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Schubglied eine Öffnung für einen Kurbelfortsatz des Kurbelements aufweist.

[0046] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das Schubglied zur beweglichen Führung des Schubglieds zumindest ein längliches Führungsloch zur Aufnahme zumindest eines Führungzapfens aufweist.

[0047] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das Schubglied geradlinig hin- und her bewegbar angeordnet ist.

[0048] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die zumindest eine Reinigungswelle einen Hebel mit einem Hebelzapfen an einem bezüglich der Reinigungswelle distalen Ende des Hebels aufweist; und das Schubglied zumindest ein längliches Hebelzapfenloch zur beweglichen Aufnahme des Hebelzapfens aufweist.

[0049] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das zumindest eine Reinigungselement zumindest einen Turbulator, vorzugsweise einen Spiralturbulator und/oder einen Bandturbulator, ist, der bzw. die in zumindest einem Kesselrohr des Wärmetauschers vorgesehen ist oder sind.

[0050] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Reinigungseinrichtung derart eingerichtet ist, dass der Freilauf das Drehmoment des Motors in Drehrichtung des Kurbelements überträgt; und der Freilauf bei Überschreiten der vorbestimmten Kurbeldrehposition des Kurbelements eine Weiterdrehung des Kurbelements in Drehrichtung freigibt.

[0051] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das Schubglied einen Anschlag als Endanschlag für die Bewegung in Impulsrichtung aufweist.

[0052] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei eine Öffnung des Schubglieds zur Aufnahme einer Laufrolle des Kurbelfortsatzes vorgesehen ist.

[0053] Dabei kann die Öffnung in einer Richtung der Öffnung einen Durchmesser aufweisen, der in etwa dem Kurbelradius zuzüglich dem Radius der Laufrolle (oder

des Kurbelfortsatzes) entspricht; und es kann die Öffnung in einer anderen Richtung, die senkrecht zu der einen Richtung ist, einen Durchmesser aufweisen, der kleiner als etwa der Kurbelradius zuzüglich dem Radius der Laufrolle (oder des Kurbelfortsatzes) ist.

[0054] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Öffnung des Schubglieds eine Stufe aufweist, die durch die Laufrolle bei Erreichen der vorbestimmten Kurbeldrehposition überschritten wird.

[0055] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, diese weiter aufweisend: ein Dämpfungselement, vorzugsweise eine Feder, welches derart angeordnet ist, dass das Dämpfungselement die Bewegung des Schubglieds in Schubrichtung dämpft.

[0056] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei: eine Kontraktions- und Expansionsrichtung des Dämpfungselements zumindest annähernd parallel zur Richtung der Hin- und Herbewegung des Dämpfungselements vorgesehen ist.

[0057] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das Schubglied plattenförmig vorgesehen ist, und/oder wobei ein Ende der zumindest einen Reinigungswelle als Führungszapfen zur Aufnahme in längliches Führungsloch dient.

[0058] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, diese weiterhin aufweisend: eine elektrostatische Filtereinrichtung mit einer Sprühelektrode und einem Reinigungskäfig als Gegenelektrode, wobei das Reinigungselement ein Schlaghebel ist; und wobei der Schlaghebel mit der Reinigungswelle wirkverbunden ist und derart angeordnet sind, dass der Schlaghebel bei der ruckartigen Drehung der Reinigungswelle an die Sprühelektrode zur Reinigung anschlägt.

[0059] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei ein Sensor, beispielsweise ein induktiver Positionsschalter, zur Erfassung der Position oder der Endstellung des Schubglieds vorgesehen ist.

[0060] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei eine Ascheaustragungsschnecke der Biomasse-Heisanlage ebenso durch die Antriebseinheit angetrieben wird.

[0061] Die strukturellen Merkmale, Funktionen und Vorteile der vorstehenden Aspekte sind in der nachstehenden Beschreibung mit Hilfe beispielhafter Ausführungsformen näher beschrieben.

[0062] Die folgenden Aspekte der vorliegenden Offenbarung sind mit den vorhergehenden beliebig kombinierbar. Damit kann die Biomasse-Heisanlage in Synergie mit der optimierten Reinigungseinrichtung nochmals verbessert werden.

[0063] Gemäß einem weiteren allgemeinen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist eine Biomasse-Heisanla-

ge zur Verfeuerung von Brennstoff in Form von Pellets und/oder Hackgut offenbart, die Anlage aufweisend das Folgende: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung, einen Wärmetauscher mit einer Mehrzahl von Kesselrohren, wobei die Brenneinrichtung das Folgende aufweist: eine Brennkammer mit einem Drehrost, mit einer Primärverbrennungszone und mit einer Sekundärverbrennungszone; wobei die Primärverbrennungszone durch eine Mehrzahl von Brennkammersteinen seitlich und durch den Drehrost von unten umfasst ist; wobei in den Brennkammersteinen eine Mehrzahl von Sekundärluftdüsen vorgesehen ist; wobei die Primärverbrennungszone und die Sekundärverbrennungszone auf der Höhe der Sekundärluftdüsen separiert werden; wobei die Sekundärverbrennungszone der Brennkammer strömungstechnisch mit einem Eintritt des Wärmetauschers verbunden ist.

[0064] Gemäß einer Weiterbildung des Vorstehenden ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Sekundärluftdüsen derart angeordnet sind, dass in der Sekundärverbrennungszone der Brennkammer Wirbelströmungen eines Rauchgas-Luft Gemischs aus Sekundärluft und Verbrennungsluft um eine vertikale Mittenachse entstehen, wobei die Wirbelströmungen zur Verbesserung der Vermischung des Rauchgas-Luft Gemischs führen.

[0065] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Sekundärluftdüsen in den Brennkammersteinen jeweils als zylindrische oder kegelstumpfförmige Öffnung in den Brennkammersteinen mit einem kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt ausgebildet sind, wobei der kleinste Durchmesser der jeweiligen Öffnung kleiner als dessen maximale Länge ist.

[0066] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brenneinrichtung mit der Brennkammer derart eingerichtet ist, dass die Wirbelströmungen nach dem Austritt aus der Brennkammerdüse spiralförmige Rotationsströmungen ausbilden, die bis zu einer Brennkammerdecke der Brennkammer reichen.

[0067] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Sekundärluftdüsen in der Brennkammer auf zumindest annähernd der gleichen Höhe angeordnet sind; und die Sekundärluftdüsen mit deren Mittenachse derart angeordnet und/oder (je nach Art der Düse) derart ausgerichtet sind, dass die Sekundärluft azentrisch zu einem Symmetriemittelpunkt der Brennkammer eingeleitet wird.

[0068] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Anzahl der Sekundärluftdüsen zwischen 8 und 14 liegt; und/oder die Sekundärluftdüsen eine Mindestlänge von mindestens 50 mm bei einem Innendurchmesser von 20 bis 35 mm aufweisen.

[0069] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammer in der Sekundärverbrennungszone ei-

ne Brennkammerschräge aufweist, welche den Querschnitt der Sekundärverbrennungszone in Richtung des Eintritts des Wärmetauschers verkleinert.

[0070] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammer in der Sekundärverbrennungszone eine Brennkammerdecke aufweist, die in Richtung des Eintritts des Wärmetauschers nach oben geneigt vorgesehen ist, und die den Querschnitt der Brennkammer in Richtung des Eintritts verkleinert.

[0071] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammerschräge und die geneigte Brennkammerdecke einen Trichter ausbilden, dessen kleineres Ende in den Eintritt des Wärmetauschers mündet.

[0072] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Primärverbrennungszone und zumindest ein Teil der Sekundärverbrennungszone einen ovalen Horizontalquerschnitt aufweist; und/oder die Sekundärluftdüsen derart angeordnet sind, dass diese die Sekundärluft tangential in die Brennkammer einleiten.

[0073] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit der Sekundärluft in den Sekundärluftdüsen zumindest 8 m/s, vorzugsweise zumindest 10 m/s, beträgt.

[0074] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammersteine einen modularen Aufbau aufweisen; und jeweils zwei halbkreisförmige Brennkammersteine einen geschlossenen Ring bilden, um die Primärverbrennungszone und/oder einen Teil der Sekundärverbrennungszone auszubilden; und zumindest zwei Ringe an Brennkammersteinen aufeinander gestapelt angeordnet sind.

[0075] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Wärmetauscher in den Kesselrohren angeordnete Spiralturbulatoren aufweist, die sich über die gesamte Länge der Kesselrohre erstrecken; und der Wärmetauscher in den Kesselrohren angeordnete Bandturbulatoren aufweist, die sich zumindest über die halbe Länge der Kesselrohre erstrecken.

[0076] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist eine Biomasse-Heisanlage zur Verfeuerung von Brennstoff in Form von Pellets und/oder Hackgut vorgesehen, welche das Folgende aufweist: einen Kessel mit einer Brenneinrichtung, einen Wärmetauscher mit einer, vorzugsweise bündelartig angeordneten, Mehrzahl von Kesselrohren, wobei die Brenneinrichtung das Folgende aufweist: eine Brennkammer mit einem Drehrost und mit einer Primärverbrennungszone und mit einer, bevorzugt über der Primärverbrennungszone vorgesehenen, Sekundärverbrennungszone; wobei die Primärverbrennungszone durch eine Mehrzahl von Brennkammersteinen seitlich und durch den Drehrost von unten umfasst ist; wobei die Sekundärverbrennungszone eine Brennkammerdüse bzw. ein Durchbrandloch beinhaltet; wobei die Sekundärverbrennungszone der Brennkam-

mer strömungstechnisch mit einem Eintritt bzw. Einlass des Wärmetauschers verbunden ist; wobei die Primärverbrennungszone einen ovalen Horizontalquerschnitt aufweist.

[0077] Bei bündelartig angeordneten Kesselrohren kann es sich um eine Mehrzahl von parallel zueinander angeordneten Kesselrohren mit zumindest weitgehend gleicher Länge handeln. Vorzugsweise können die Einlassöffnungen und die Auslassöffnungen aller Kesselrohre jeweils in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sein; d. h., die Einlassöffnungen und die Auslassöffnungen aller Kesselrohre liegen auf gleicher Höhe.

[0078] "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 11 bedeuten, so wie diese üblicherweise definiert wird. Weiter alternativ kann, insbesondere bei einem Fehlen einer Bezugsebene, "horizontal" lediglich als "parallel" zur Verbrennungsebene des Rosts verstanden werden.

[0079] Weiter kann die Primärverbrennungszone einen ovalen Querschnitt aufweisen.

[0080] Der ovale Horizontalquerschnitt weist keine Toptecken auf, und weist somit eine verbesserte Luftdurchströmung und die Möglichkeit zu einer weitgehend unbehinderten Wirbelströmung auf. Folglich weist die Biomasse-Heisanlage eine verbesserte Effizienz und niedrigere Emissionen auf. Zudem ist der ovale Querschnitt gut an die Art der Brennstoffverteilung bei seitlicher Zufuhr dessen und der daraus entstehenden Geometrie des Brennstoffbetts auf dem Rost angepasst. Ein ideal "runder" Querschnitt ist ebenso möglich, jedoch nicht so gut an die Geometrie der Brennstoffverteilung und auch der Strömungstechnik der Wirbelströmung angepasst, wobei die Asymmetrie des Ovals gegenüber der "ideal" kreisförmigen Querschnittsform der Brennkammer eine verbesserte Ausbildung einer turbulenten Strömung in der Brennkammer ermöglicht.

[0081] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Horizontalquerschnitt der Primärverbrennungszone über eine Höhe von zumindest 100 mm zumindest annähernd gleichbleibend vorgesehen ist. Auch dies dient der unbehinderten Ausbildung der Strömungsprofile in der Brennkammer.

[0082] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammer in der Sekundärverbrennungszone eine Brennkammerschräge aufweist, welche den Querschnitt der Sekundärverbrennungszone in Richtung des Eintritts bzw. des Einlasses des Wärmetauschers verjüngt.

[0083] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Drehrost ein erstes Drehrostelement, ein zweites Drehrostelement und ein drittes Drehrostelement aufweist, die jeweils um eine horizontal angeordnete Lagerachse um zumindest 90 Grad, vorzugsweise zumindest 160 Grad, noch weiter

bevorzugt um zumindest 170 Grad, drehbar angeordnet sind; wobei die Drehrostelemente eine Verbrennungsfläche für den Brennstoff ausbilden; wobei die Drehrostelemente Öffnungen für die Luft zur Verbrennung aufweisen, wobei das erste Drehrostelement und das dritte Drehrostelement in ihrer Verbrennungsfläche identisch ausgebildet sind.

[0084] Die Öffnungen in den Drehrostelementen sind dabei bevorzugt schlitzförmig und in einem regelmäßigen Muster ausgebildet, um eine gleichmäßige Luftdurchströmung des Brennstoffbetts sicherzustellen.

[0085] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei das zweite Drehrostelement formschlüssig zwischen dem ersten Drehrostelement und dem dritten Drehrostelement angeordnet ist und Rostlippen aufweist, die derart angeordnet sind, dass diese in Horizontallage aller drei Drehrostelemente zumindest weitgehend dichtend an dem ersten Drehrostelement und dem dritten Drehrostelement anliegen.

[0086] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Drehrost weiter eine Drehrostmechanik aufweist, die derart konfiguriert ist, dass diese das dritte Drehrostelement unabhängig von dem ersten Drehrostelement und dem zweiten Drehrostelement drehen kann, und dass diese das erste Drehrostelement und das zweite Drehrostelement gemeinsam aber unabhängig von dem dritten Drehrostelement drehen kann.

[0087] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Verbrennungsfläche der Drehrostelemente eine im Wesentlichen ovale oder elliptische Verbrennungsfläche konfiguriert.

[0088] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Drehrostelemente zueinander komplementäre und gekrümmte Seiten aufweisen, wobei vorzugsweise das zweite Drehrostelement jeweils zu dem benachbarten ersten und dritten Drehrostelement konkave Seiten aufweist, und vorzugsweise das erste und dritte Drehrostelement jeweils zu dem zweiten Drehrostelement hin eine konvexe Seite aufweisen.

[0089] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei die Brennkammersteine einen modularen Aufbau aufweisen; und jeweils zwei halbkreisförmige Brennkammersteine einen geschlossenen Ring bilden, um die Primärverbrennungszone auszubilden; und zumindest zwei Ringe an Brennkammersteinen aufeinandergestapelt angeordnet sind.

[0090] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Wärmetauscher in den Kesselrohren angeordnete Spiralturbulatoren aufweist, die sich über die gesamte Länge der Kesselrohre erstrecken; und der Wärmetauscher in den Kesselrohren angeordnete Bandturbulatoren aufweist, die sich zumindest über die halbe Länge der Kesselrohre erstrecken. Dabei können die Bandturbulatoren bevorzugt in oder innerhalb der Spiralturbulatoren angeordnet sein. Insbesondere können die Bandturbulatoren in den Spiraltur-

bulatoren integriert angeordnet sein. Dabei können sich die Bandturbulatoren bevorzugt über eine Länge von 30 bis 70% der Länge der Spiralturbulatoren erstrecken.

[0091] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Wärmetauscher zwischen 18 und 24 Kesselrohre mit jeweils einem Durchmesser von 70 bis 85 mm und einer Wandstärke von 3 bis 4 mm aufweist.

[0092] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei der Kessel eine integriert angeordnete elektrostatische Filtereinrichtung aufweist, die eine Sprühelektrode und eine die Sprühelektrode umgebende Niederschlagselektrode und einen Käfig bzw. eine käfigförmige Abreinigungseinrichtung aufweist; wobei der Kessel weiter eine mechanisch betätigbare Reinigungseinrichtung mit einem Schlaghebel mit einem Anschlagkopf aufweist; wobei die Reinigungseinrichtung derart eingerichtet ist, dass diese die (Sprüh-) Elektrode an deren Ende mit dem Anschlagkopf anschlagen kann, so dass eine Stoßwelle durch die Elektrode und/oder eine Transversalschwingung der (Sprüh-)Elektrode erzeugt wird, um die Elektrode von Verunreinigungen abzureinigen. Als Material für die Elektrode ist ein Stahl vorgesehen, der durch den Anschlagkopf in Schwingungen (longitudinal und/oder transversal und/oder Stoßwelle) versetzt werden kann. Hierzu kommt beispielsweise Federstahl und/oder Chromstahl in Frage. Der Werkstoff des Federstahls kann vorzugsweise ein austenitischer Chrom-Nickel-Stahl, beispielsweise 1.4310 sein. Weiter kann der Federstahl bombiert ausgeführt sein. Die käfigförmige Abreinigungseinrichtung kann weiter entlang der Wand der elektrostatischen Filtereinrichtung zum Abreinigen der Niederschlagselektrode hin- und herbewegt werden.

[0093] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei eine in den Kessel im kalten Bereich integrierte Reinigungseinrichtung vorgesehen ist, die derart konfiguriert ist, dass diese die Kesselrohre des Wärmetauschers durch eine Auf- und Abwärtsbewegung von in den Kesselrohren vorgesehenen Turbulatoren abreinigen kann. Die Auf- und Abwärtsbewegung kann auch als Hin- und Herbewegung der Turbulatoren in den Kesselrohren in Längsrichtung der Kesselrohre verstanden werden.

[0094] Gemäß einer Weiterbildung ist eine Biomasse-Heisanlage vorgesehen, wobei in der Brennkammer über dem Drehrost eine Glutbetthöhenmessmechanik angeordnet ist; wobei die Glutbetthöhenmessmechanik eine auf einer Drehachse angebrachte Brennstoff-Niveaукlappe mit einer Hauptfläche aufweist; wobei eine Oberflächenparallele der Hauptfläche der Brennstoff-Niveaукlappe winklig zu einer Mittenachse der Drehachse vorgesehen ist, wobei der Winkel vorzugsweise größer 20 Grad ist.

[0095] Obschon alle vorstehenden Einzelmerkmale und Details eines Aspekts der Erfindung und der Weiterbildungen dieses Aspekts in Zusammenhang mit der Biomasse-Heisanlage beschrieben sind, so sind diese Ein-

zelmerkmale und Details auch als solche unabhängig von der Biomasse-Heisanlage offenbart.

[0096] Beispielsweise ist eine Brennkammerschräge einer Sekundärverbrennungszone einer Brennkammer mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart, die (lediglich) für eine Biomasse-Heisanlage geeignet ist. Insofern ist eine Brennkammerschräge für eine Sekundärverbrennungszone einer Brennkammer einer Biomasse-Heisanlage mit den hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0097] Weiter ist beispielsweise ein Drehrost für eine Brennkammer einer Biomasse-Heisanlage mit dessen hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0098] Weiter ist beispielsweise eine Mehrzahl von Brennkammersteinen für eine Brennkammer einer Biomasse-Heisanlage mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0099] Weiter ist beispielsweise eine integriert angeordnete elektrostatische Filtereinrichtung für eine Biomasse-Heisanlage mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0100] Weiter ist beispielsweise eine Mehrzahl von Kesselrohren für eine Biomasse-Heisanlage mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0101] Weiter ist beispielsweise eine Glutbetthöhenmessmechanik für eine Biomasse-Heisanlage mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0102] Weiter ist beispielsweise ebenso, als solche, eine Brennstoff-Niveaueinrichtung für eine Biomasse-Heisanlage mit deren hierin genannten Merkmalen und Eigenschaften offenbart.

[0103] Die erfindungsgemäße Biomasse-Heisanlage wird nachfolgend in beispielhaften Ausführungsbeispielen und einzelnen Aspekten anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert:

Fig. 1 zeigt eine dreidimensionale Überblicksansicht einer Biomasse-Heisanlage 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;

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;

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;

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;

Fig. 8 zeigt eine Ausschnitt-Detailansicht der Fig. 2;

Fig. 9 zeigt eine Reinigungseinrichtung, mit der sowohl der Wärmetauscher als auch die Filtereinrichtung der Fig. 2 automatisch gereinigt werden können;

Fig. 10 zeigt eine Turbulatorhalterung in herausgestellter und vergrößerter Form;

Fig. 11 zeigt eine Abreinigungsmechanik in einem ersten Zustand, wobei sich sowohl die Turbulatorhalterungen der Fig. 10 als auch eine Käfighalterung in einer unteren Position befinden;

Fig. 12 zeigt die Abreinigungsmechanik in einem zweiten Zustand, wobei sich sowohl die Turbulatorhalterungen der Fig. 10 als auch die Käfighalterung in einer oberen Position befinden;

Fig. 13 zeigt eine Querschnittsansicht durch eine Biomasse-Heisanlage 1 gemäß einer Abwandlung der Biomasse-Heisanlage der Fig. 1 und Fig. 2, welche aus der Seitenansicht S betrachtet dargestellt ist;

Fig. 14 zeigt eine Draufsicht auf ein freigestelltes Schubglied 74 aus Richtung der Hinterseite der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13;

Fig. 15 zeigt eine Draufsicht auf ein freigestelltes Schubglied 74 aus Richtung der Hinterseite der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 und Fig. 14 zusammen mit weiteren Anlagenteilen der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13;

Fig. 16 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Ausgangs- oder Ruhezustand der Reinigungseinrichtung 9;

Fig. 17 zeigt eine Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 im Aus-

- gangs- oder Ruhezustand mit Einblick in die Biomasse-Heisanlage 1;
- Fig. 18 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9;
- Fig. 19 zeigt eine Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heisanlage 1;
- Fig. 20 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Maximalhubzustand der Reinigungseinrichtung 9;
- Fig. 21 zeigt eine Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heisanlage 1;
- Fig. 22 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Fallzustand der Reinigungseinrichtung 9;
- Fig. 23 zeigt eine Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13 im Fallzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heisanlage 1;
- Fig. 24 zeigt eine alternative Ausführung des Schubglieds 74.

BESCHREIBUNG VON BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0104] Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen lediglich beispielhaft 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.

[0105] 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.

[0106] 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.

[0107] 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.

[0108] 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.

[0109] Ein in der vorliegenden Offenbarung verwendeter Ausdruck "konfiguriert zu" (oder "eingerrichtet") 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 "eingerrichtet zu" bedeuten, dass die Vorrichtung zusammen mit einer anderen Vorrichtung oder Komponente arbeiten kann, oder eine entsprechende Funktion ausführen kann.

[0110] 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 explizit angegeben sind. Alle Maß- und Größenangaben sind lediglich beispielhaft.

[0111] Anzumerken ist, dass die vorliegenden Einzelaspekte, beispielsweise der Drehrost, die Brennkammer oder die Filtereinrichtung gesondert von bzw. getrennt von der Biomasse-Heisanlage hierin als Einzelteile oder Einzelvorrichtungen offenbart sind. Es ist dem Fachmann also 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.

[0112] 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)

[0113] Fig. 1 zeigt eine dreidimensionale Überblicksansicht der Biomasse-Heisanlage 1 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung.

[0114] 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.

[0115] 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.

[0116] 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 für einen Drehrost 25 (nicht dargestellt) lagert eine Drehmechanik 23, mit der Antriebskräfte auf Lagerachsen 81 des Drehrosts 25 übertragen werden können.

[0117] 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.

[0118] Im Hinterteil des Kessels 11 befindet sich eine optionale Filtereinrichtung 4 (nicht dargestellt) mit einer Elektrode 44 (nicht dargestellt), die mit einer isolierenden Elektrodenhalterung 43 aufgehängt ist, und die über eine Elektrodenversorgungsleitung 42 unter Spannung gesetzt wird. Das Abgas der Biomasse-Heisanlage 1 wird über einen Abgasausgang 41 abgeführt, der der Filtereinrichtung 4 strömungstechnisch nachgelagert angeordnet ist. Hier kann ein Ventilator vorgesehen sein.

[0119] Hinter dem Kessel 11 ist eine Rezirkulationseinrichtung 5 vorgesehen, die einen Teil des Abgases über Rezirkulationskanäle 51, 53 und 54 und Klappen 52 zur Kühlung des Verbrennungsvorgangs und Wiederverwendung beim Verbrennungsvorgang rezirkuliert.

[0120] 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 Zellrad-

[0121] Im unteren Teil der Biomasse-Heisanlage 1 ist

eine Ascheabfuereinrichtung 7 vorgesehen, welche eine Ascheaustragungsschnecke 71 in einem Ascheaustragungskanal aufweist, die von einer Antriebseinheit 72 betrieben wird.

[0122] Fig. 2 zeigt nun 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 des Rauchgases, und strömungstechnische Querschnitte schematisch dargestellt. Zu Fig. 3 anzumerken ist, 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.

[0123] 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 zirkulieren kann. Zur Zufuhr und Abfuhr des Wärmetauschmediums ist eine Wasserzirkulationseinrichtung 14 mit Pumpe, Ventilen, Leitungen, etc. vorgesehen.

[0124] 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.

[0125] Weiter bezugnehmend auf Fig. 2 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 mm +/- 60mm x 320 mm +/- 60 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.

[0126] 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.

[0127] Die Brennkammersteine 29 bilden die Innen-

verkleidung 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 Guss-eisen, 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. Re-zirkulationsdüsen 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). 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.

[0128] 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.

[0129] Durch die Sekundärlufteindüsung hervorgerufen, bilden sich in der isolierten bzw. begrenzten Brennkammer 24 ausgeprägt Drall- bzw. Rotations- bzw. Wirbelströmungen aus. Dabei trägt insbesondere die ovale Brennkammergeometrie 24 dazu bei, dass sich die Wirbelströmung ungestört bzw. optimal entwickeln kann.

[0130] 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 A2 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 also 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.

[0131] 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.

[0132] 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.

[0133] 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.

[0134] Nach der Sekundärverbrennungszone 27 strömt das Rauchgas in die Wärmetauscheinrichtung 3, welche ein Bündel von parallel zueinander vorgesehene 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.

[0135] In den Kesselrohren 32 sind Federturbulatoren 36 und Spiral- bzw. Bandturbulatoren 37 angeordnet, um den Wirkungsgrad der Wärmetauscheinrichtung 4 zu verbessern. Dies wird später noch eingehender erläutert werden.

[0136] Der Ausgang der Kesselrohre 32 mündet über den Wendekammereintritt 34 bzw. -einlass in die Wendekammer 35. 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.

[0137] Elektrostatische Staubfilter, oder 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 Staubteilchen durch eine Koronaentladung einer Sprühelektrode elektrisch aufgeladen und zur entgegengesetzt aufgeladenen Elektrode (Niederschlagsselektrode) gezogen. Die Koronaentladung findet auf einer dafür geeigneten, geladenen Hochspannungselektrode (auch als Sprühelektrode bezeichnet) im Inneren des Elektrofilters statt. Die Elektrode ist bevorzugt mit herausragenden Spitzen und eventuell scharfen Kanten ausgeführt, weil dort die Dichte der Feldlinien und damit auch die elektrische Feldstärke am größten und somit die Koronaentladung begünstigt ist. Die gegengesetzte Elektrode (Niederschlagsselektrode) besteht für gewöhnlich aus einem geerdeten Abgasrohrabschnitt, der um die Elektrode gelagert ist. 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 einer Hochspannungserzeugungseinrichtung (nicht dargestellt) bereitgestellt. Die Hochspannungserzeugungsanlage und die Halterung für die Elektrode sind vor Staub und Verschmutzung zu schützen, um ungewollte Kriechströme zu vermeiden und die Standzeit der Anlage 1 zu verlängern.

[0138] Wie in Fig. 2 gezeigt, ist eine stabförmige Elektrode 45 (welche vorzugsweise wie eine längliche, plattenförmige Stahlfeder ausgestaltet ist, vgl. Fig. 11) in etwa mittig in einem annähernd kaminförmigen Innenraum der Filtereinrichtung 4 gehalten. Die Elektrode 45 besteht zumindest weitgehend aus einem hochwertigen Federstahl oder Chromstahl und ist von einer Elektrodenhalterung 43 über einen Hochspannungsisolator, d. h., eine Elektrodenisolation 46, gehalten.

[0139] Die (Sprüh-) Elektrode 45 hängt schwingungsfähig nach unten in den Innenraum der Filtereinrichtung 4. Dabei kann die Elektrode 45 beispielsweise quer zur Längsachse der Elektrode 45 hin- und herschwingen.

[0140] 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 Abgas, vgl. die Pfeile S6, gefiltert wie vorstehend erläutert. 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. 9 entnehmen lässt. Der Käfig 48 kann vorzugsweise bei der Herstellung mit dem Laser zugeschnitten werden.

[0141] Das Rauchgas strömt nach dem Austritt aus dem Wärmetauscher 3 durch die Wendekammer 34 in den Eintritt 44 der Filtereinrichtung 4.

[0142] Dabei ist die (optionale) Filtereinrichtung 4 optional 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 Wärmetauscher eingesetzt wird, womit die Effizienz der Anlage 1 nochmals verbessert wird. Damit kann zumindest ein Teil der Wand die Filtereinrichtung 4 mit dem Wärmetauschermedium durchspült sein, womit zumindest ein Teil dieser Wand mit Kesselwasser gekühlt wird.

[0143] 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. Der verbleibende Teil des Abgases wird über den Abgasausgang 41 aus dem Kessel 11 hinausgeleitet.

[0144] Die Ascheabfuereinrichtung 7 ist im unteren Teil des Kessels 11 angeordnet. Über eine Ascheabfuerschnacke 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. Zum Antrieb der Ascheabfuhr 7 und einer Reinigungseinrichtung 9 (siehe später) ist die Antriebseinheit 72 vorgesehen, welche ein optionales Getriebe und einen Freilauf 73 aufweist. Ein später näher erläutertes Schubglied 74 dient mit einem Kurbelement 77 als Übertragungselement zwischen Motor und weiteren Elementen der Reinigungseinrichtung 9 (vgl. auch Fig. 13 ff.). Gelagert oder gehalten sind die mechanischen Komponenten der Reinigungseinrichtung in einem Gestell 76, welches beispielsweise mit dem Kesselfuß 12 verschweißt ist.

[0145] Die Brennkammer 24 und der Kessel 11 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.

[0146] 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 Op-

timierungswerkzeug. 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.

[0147] Die vorstehend aufgeführten Bestandteile der Biomasse-Heisanlage 1 und des Kessels 11, die Ergebnisse der CFD-Simulationen sind, werden nachstehend eingehender beschrieben.

(Brennkammer)

[0148] Die Gestaltung der Brennkammerform ist von Wichtigkeit, um die aufgabengemäßen Anforderungen einhalten zu können. Durch die Brennkammerform bzw. -geometrie sollen eine möglichst gute turbulente Durchmischung und Homogenisierung der Strömung über den Querschnitt des Rauchgaskanals, eine Minimierung des Feuerungsvolumens, sowie eine Reduktion des Luftüberschusses und des Rezirkulationsverhältnisses (Wirkungsgrad, Betriebskosten), eine Reduktion der CO- und CxHx-Emissionen, der NOx-Emissionen, der Staubemissionen, eine Reduktion von lokalen Temperaturspitzen (Fouling und Verschlackung) sowie eine Reduktion von lokalen Rauchgas-Geschwindigkeitsspitzen (Materialbeanspruchung und Erosion) erreicht werden.

[0149] 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-Heisanlagen über einen weiten Leistungsbereich von beispielsweise 20 bis 500 kW gerecht wird. Die Vertikalschnittlinie A2 kann im Übrigen auch als Mittel- oder Mittelnachse der ovalen Brennkammer 24 verstanden werden.

[0150] Die in den Figuren 3 und 4 angegebenen und über CFD-Berechnungen und Praxisexperimente ermittelten Maße bei einem beispielhaften Kessel mit ca. 100 kW 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 = bspw. 65 mm +/- 30 mm, vorzugsweise +/- 20 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.

[0151] Mit diesen Werten werden vorliegend sowohl die Geometrien der Primärverbrennungszone 26 als auch der Sekundärverbrennungszone 27 der Brennkammer 24 optimiert. Die angegebenen Größenbereiche sind Bereiche, mit denen die Anforderungen ebenso (annähernd) erfüllt werden, wie mit den angegebenen exakten Werten.

[0152] Dabei kann vorzugsweise eine Kammergeometrie der Primärverbrennungszone 26 und 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 +/- 60 mm (vorzugsweise +/- 30 mm) x 320 mm +/- 60 mm (vorzugsweise +/- 30 mm), sowie einer Höhe von 538 mm +/- 80 mm (vorzugsweise +/- 50 mm).

[0153] Die vorstehenden Größenangaben können im Verhältnis dieser zueinander skaliert auch Anwendung auf Kessel anderer Leistungsklassen (bspw. 50 kW oder 200 kW) finden.

[0154] Als Fortbildung dessen kann das vorstehend definierte Volumen eine obere Öffnung in Form einer Brennkammerdüse 203 aufweisen, die in der Sekundärverbrennungszone 27 der Brennkammer 24 vorgesehen ist, welche eine in die Sekundärverbrennungszone 27 hineinragende Brennkammerschräge 202 aufweist, welche vorzugsweise das Wärmetauschmedium 38 beinhaltet. Die Brennkammerschräge 202 verringert den Querschnitt der Sekundärverbrennungszone 27. Dabei ist die Brennkammerschräge 202 um einen Winkel k von zumindest 5%, bevorzugt um einen Winkel k von zumindest 15% und noch mehr bevorzugt um zumindest einen Winkel k von 19% in Bezug auf eine fiktive horizontale bzw. gerade vorgesehene Brennkammerdecke H (vgl. die gestrichelte Horizontallinie H in Fig. 4) vorgesehen.

[0155] Zudem ist eine Brennkammerdecke 204 ebenfalls in Richtung des Eintritts 33 aufsteigend geneigt vorgesehen. Die Brennkammer 24 in der Sekundärverbrennungszone 27 weist somit die Brennkammerdecke 204 auf, die in Richtung des Eintritts 33 des Wärmetauschers 3 nach oben geneigt vorgesehen ist. Diese Brennkammerdecke 204 erstreckt sich im Schnitt der Fig. 2 zumindest weitgehend gerade bzw. geradlinig und geneigt. Der Neigungswinkel der geraden bzw. ebenen Brennkammerdecke 204 kann gegenüber der (fiktiven) Horizontalen vorzugsweise 4 bis 15 Grad betragen.

[0156] Mit der Brennkammerdecke 204 ist eine weitere (Decken-)Schräge in der Brennkammer 24 vor dem Eintritt 33 vorgesehen, die zusammen mit der Brennkammerschräge 202 einen Trichter ausbildet. Dieser Trichter dreht die nach oben gerichtete Drall- bzw. Wirbelströmung zur Seite und lenkt diese Strömung in etwa in das Horizontale um. Aufgrund der schon turbulenten Aufwärtsströmung und der Trichterform vor dem Eintritt 33

wird sichergestellt, dass alle Wärmetauscherrohre 32 bzw. Kesselrohe 32 gleichmäßig beströmt werden, womit ein gleichverteilter Durchfluss des Rauchgases in allen Kesselrohren 32 sichergestellt ist. Dies optimiert den Wärmeübergang im Wärmetauscher 3 ganz erheblich.

[0157] Dabei kann insbesondere die Kombination der vertikalen und horizontalen Schrägen 203, 204 in der Sekundärverbrennungszone in Kombination als Einströmgeometrie in dem konvektiven Kessel eine gleichmäßige Verteilung des Rauchgases auf die konvektiven Kesselrohre erreichen.

[0158] Die Brennkammerschräge 202 dient der Homogenisierung der Strömung S3 in Richtung des Wärmetauschers 3 und damit der Beströmung der Kesselrohre 32. Somit wird eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Rauchgases auf die einzelnen Kesselrohre bewirkt, um dort den Wärmeübergang zu optimieren.

[0159] Im Detail dreht die Kombination der Schrägen mit dem Einströmquerschnitt des Kessels die Rauchgasströmung so, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Rauchgasdurchflusses bzw. der Durchflussmenge auf die jeweiligen Kesselrohre 32 erfolgt.

[0160] 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 sowie deren Zusammenspiel ein weiteres Hindernis für eine gleichmäßige Luftverteilung und eine gute Mischung von Luft und Brennstoff und somit einen guten Ausbrand darstellen, wie vorliegend erkannt wurde. Insbesondere mit einer eckigen Geometrie der Brennkammer entstehen Strömungsfäden bzw. Vorzugsströmungen, die nachteilhaft zu einer ungleichmäßigen Beströmung der Wärmetauscherrohre 32 führen.

[0161] Deshalb ist vorliegend die Brennkammer 24 ohne Totecken oder Totkanten vorgesehen.

[0162] 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 mehr-eckigen oder rein zylindrischen 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.

[0163] 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 ge-

kennzeichnet). 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. Dabei können die vorstehend beschriebenen Schrägen 203, 204 integriert als Wände der Brennkammer 24 vorgesehen sein, wobei die Schrägen 203, 204 einen Trichter ausbilden, der im Eintritt 33 des Wärmetauschers 33 mündet und dort den geringsten Querschnitt aufweist.

[0164] 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.

[0165] Der Horizontalquerschnitt der Brennkammer 24 und insbesondere der Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 können 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.

[0166] Zudem kann der Horizontalquerschnitt (der Außenumfang) der Primärverbrennungszone 26 über eine vorgegebene Höhe, (beispielsweise 20 cm) gleichbleibend ausgestaltet sein.

[0167] 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.

[0168] Ebenso ist die Düse 203 in der Brennkammer 24 als ovale oder annähernd kreisförmige Verengung ausgestaltet, um die Strömungsverhältnisse noch weiter zu optimieren. Der vorstehend erläuterte Drall der Strömung in der Primärverbrennungszone 26, welcher durch die erfindungsgemäßen speziell konzipierten Sekundärluftdüsen 291 bedingt ist, führt zu einem grob helixförmig oder spiralförmig nach oben gerichteten Strömungsverlauf, wobei eine ebenso ovale oder annähernd kreisförmige Düse diesen Strömungsverlauf begünstigt, und nicht wie übliche rechteckige Düsen stört. Diese optimierte Düse 203 bündelt das nach oben rotierend strömende Rauchgas-Luft-Gemisch und sorgt für eine bessere Durchmischung, einen Erhalt der Wirbelströmungen in der Sekundärverbrennungszone 27 und damit für eine vollständige Verbrennung. Dadurch wird auch der erforder-

derliche Luftüberschuss minimiert. Dies verbessert den Verbrennungsvorgang und erhöht die Effizienz.

[0169] Damit dient insbesondere die Kombination der vorstehend erläuterten Sekundärluftdüsen 291 und der dadurch induzierten Wirbelströmungen mit der optimierten Düse 203 der Bündelung des nach oben rotierenden Rauchgas-/Luftgemischs. Dies sorgt für eine zumindest annähernd vollständige Verbrennung in der Sekundärverbrennungszone 27.

[0170] Somit wird eine wirbel- bzw. drallbehaftete Strömung durch die Düse 203 gebündelt und nach oben gerichtet, womit sich diese Strömung weiter nach oben erstreckt als im Stand der Technik üblich. Dies hat, wie für den Fachmann aus den Gesetzen der Physik betreffend des Drehimpulses ersichtlich, seine Ursache in der durch die Düse 203 erzwungenen Verkleinerung des drallbehafteten Abstandes des Luftstromes zur Rotations- bzw. Drallmittenachse (vgl. analog die Physik des Pirouetteneffekts).

[0171] Zudem wird vorliegend der Strömungsverlauf in der Sekundärverbrennungszone 27 und aus der Sekundärverbrennungszone 27 zu den Kesselrohren 32 optimiert, wie nachstehend näher erläutert.

[0172] 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). Hinzu kommt, einzeln oder in Kombination, die zur horizontalen schräg nach oben in Richtung des Eintritts 33 verlaufende Brennkammerdecke 204, die die Wirbelströmungen in der Sekundärverbrennungszone 27 seitlich ableitet, und dabei in deren Strömungsgeschwindigkeitsverteilung vergleichmäßigt.

[0173] Die Einströmung bzw. 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 und damit der Wärmeübergang im Wärmetauscher 4 verbessert werden kann (bestmögliche Nutzung der Wärmetauscherflächen). In der Folge ist die Effizienz der Wärmetauscheinrichtung 4 verbessert.

[0174] Im Detail wird der gasförmige Volumenstrom des Rauchgases durch die schräge Brennkammerwan-

dung 203 mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit (auch im Falle unterschiedlicher Verbrennungszustände) zu den Wärmetauscherrohren bzw. den Kesselrohren 32 geführt. Durch die schräge Brennkammerdecke 204 wird dieser Effekt nochmals verstärkt, wobei ein Trichtereffekt bewirkt wird. Im Ergebnis entsteht eine gleichmäßige Wärmeverteilung der einzelnen Kesselrohre 32 betreffenden Wärmetauscherflächen und damit eine verbesserte Nutzung der 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 beispielhafte Querschnittslinie durch die Filtereinrichtung 4 an, in der die Strömung möglichst homogen eingerichtet bzw. über den Querschnitt der Kesselrohre 32 in etwa 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-Heizanlage 1.

[0175] 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 Einführung des Brennstoffes angeordnet.

[0176] Weiter kann (optional) nach dem Ausgang des Rauchgases (d. h., nach S7) aus der Filtereinrichtung eine Lamdasonde (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.

[0177] Das in Fig. 5 gezeigte Brennstoffbett 28 zeigt eine grobe Brennstoffverteilung aufgrund der Zuführung des Brennstoffes von der rechten Seite der Fig. 5.

[0178] Weiter ist in den Fig. 4 und 5 eine Brennkammerdüse 203 gezeigt, in der eine Sekundärverbrennungszone 27 vorgesehen ist und die die Rauchgasströmung beschleunigt und bündelt. Dadurch wird die Rauchgasströmung besser durchmischt und kann in der Nachverbrennungszone 27 bzw. 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, beispielsweise für eine 100 kW Biomasse-Heizanlage 1, idealerweise 36 % $\pm$ 1 % (Verhältnis der gemessenen Eingangsfläche zur gemessenen Aus-

gangsfläche der Düse 203).

[0179] Mithin stellen die vorstehenden Angaben zur Brennkammergeometrie der Primärverbrennungszone 26 zusammen mit der Geometrie der Sekundärluftdüsen 291 und der Düse 203 eine vorteilhafte Weiterbildung der vorliegenden Offenbarung dar.

(Brennkammersteine)

[0180] Die Fig. 6 zeigt eine dreidimensionale Schnittansicht (von schräg oben) auf die Primärverbrennungszone 26 sowie den isolierten Teil der Sekundärverbrennungszone 27 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.

[0181] 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.

[0182] 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 die Sekundärluft bzw. das rezirkulierte Rauchgas) einen vollständigen Ring aus. Weiter sind bevorzugt drei Ringe aufeinandergestapelt, um die ovalzylindrische oder alternativ auch zumindest annähernd kreisförmige (letzteres ist nicht dargestellt) Primärverbrennungszone 26 der Brennkammer 24 auszubilden.

[0183] 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.

[0184] 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.

[0185] 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.

[0186] Im mittleren Ring der Brennkammersteine 29 sind die Öffnungen für die Rezirkulationsdüsen 291 bzw. Sekundärluftdüsen 291 vorgesehen. Dabei sind die Sekundärluftdüsen 291 zumindest annähernd auf der gleichen (horizontalen) Höhe der Brennkammer 24 in den Brennkammersteinen 29 vorgesehen.

[0187] Vorliegend sind drei Ringe von Brennkammersteinen 29 vorgesehen, da dies den effizientesten Weg der Herstellung und auch der Wartung darstellt. Alternativ können auch 2, 4 oder 5 solcher Ringe vorgesehen sein.

[0188] Die Brennkammersteine 29 bestehen vorzugsweise aus Hochtemperatur-Siliziumkarbid, wodurch diese sehr verschleißfest sind.

[0189] 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 vom Rauchgas-Luftgemisch nicht optimal durchströmt werden, wodurch der dort vorhandene Brennstoff nicht optimal verbrannt wird. Aufgrund der vorliegenden Formgebung der Brennkammersteine 29 wird die Durchströmung des Rosts 25 mit Primärluft, die auch zur Verteilung des Brennstoffs über dem Rost 25 passt, und die Möglichkeit von unbehinderten Wirbelströmungen verbessert; und folglich wird die Effizienz der Verbrennung verbessert.

[0190] Der ovale Horizontalquerschnitt 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.

(Wärmetauscher)

[0191] Zur Optimierung des Wärmetauschers 3 wurden, in Synergie mit den vorstehend beschriebenen Überlegungen, wiederum CFD-Simulationen und Praxistests durchgeführt. Dabei wurde auch überprüft, inwieweit ein Federturbulator oder ein Bandturbulator oder eine Kombination aus beidem die Effizienz des Wärmetauschvorganges verbessern können, ohne jedoch den Druckverlust in dem Wärmetauscher 3 zu groß werden zu lassen. Turbulatoren verstärken die Turbulenzbildung in den Kesselrohren 32, womit die Strömungsgeschwindigkeit gesenkt, die Verweildauer des Rauchgases im Kesselrohr 32 erhöht und damit die Effizienz des Wärmeaustauschs erhöht wird. Im Detail wird die Grenzschicht der Strömung an der Rohrwandung aufgebrochen, wodurch der Wärmeübergang verbessert wird. Al-

lerdings wird der Druckverlust auch umso größer, je turbulenter die Strömung ist.

[0192] Vorliegend wurde zudem für alle mit Rauchgas in Berührung stehenden Flächen eine leichte Verschmutzung (sogenanntes Fouling mit einer Dicke von 1 mm) berücksichtigt. Die Emissivität einer derartigen Fouling-Schicht wurde mit 0,6 angesetzt.

[0193] Das Ergebnis dieser Optimierung ist in Fig. 8 dargestellt, die eine Ausschnitt-Detailansicht der Fig. 2 ist.

[0194] Der Wärmetauscher 3 weist ein vertikal angeordnetes Bündel an Kesselrohren 32 auf, wobei bevorzugt in jedem Kesselrohr 32 jeweils sowohl ein Feder- als auch ein Band- oder Spiralturbulator vorgesehen ist. Der jeweilige Federturbulator 36 erstreckt sich bevorzugt über die gesamte Länge des jeweiligen Kesselrohrs 32 und ist federförmig ausgestaltet. Der jeweilige Bandturbulator 37 erstreckt sich bevorzugt über etwa die halbe Länge des jeweiligen Kesselrohrs 32 und weist ein sich spiralförmig in Achsrichtung des Kesselrohrs 32 erstreckendes Band mit einer Materialstärke von 1,5 mm bis 3 mm auf. Weiter kann der jeweilige Bandturbulator 37 auch etwa 35 % bis 65 % der Länge des jeweiligen Kesselrohrs 32 lang sein. Der jeweilige Bandturbulator 37 ist bevorzugt mit einem Ende am stromabwärtigen Ende des jeweiligen Kesselrohrs 32 angeordnet. Die Kombination aus Feder- und Band- bzw. Spiralturbulator kann auch als Doppelturbulator bezeichnet werden. In Fig. 8 sind sowohl Band- als auch Spiralturbulatoren dargestellt. Bei dem vorliegenden Doppelturbulator ist der Bandturbulator 37 innerhalb des Federturbulators 36 angeordnet. Allerdings kann insbesondere zur Abreinigung auch nur eine Art eines Turbulators als Reinigungselement verwendet werden. In dem Detailausschnitt der Fig. 8 ist auch eine Reinigungswelle 92 zu erkennen, welche sich quer zur Blickrichtung erstreckt.

[0195] Bandturbulatoren 37 sind vorgesehen, da der Bandturbulator 37 die Turbulenzwirkung im Kesselrohr 32 erhöht und ein über den Rohrquerschnitt betrachtet homogeneres Temperatur- und Geschwindigkeitsprofil hervorruft, währenddessen das Rohr ohne einen Bandturbulator bevorzugt eine heiße Strähne mit höheren Geschwindigkeiten im Rohrzentrum ausbildet, die sich bis zum Austritt des Kesselrohrs 32 fortsetzt, was sich negativ auf die Effizienz der Wärmeübertragung auswirken würde. Damit verbessern die Bandturbulatoren 37 im unteren Bereich der Kesselrohre 32 die konvektive Wärmeübertragung.

[0196] Als Optimum bevorzugt können beispielhaft 22 Kesselrohre mit einem Durchmesser von 76,1 mm und 3,6 mm Wandstärke verwendet werden.

[0197] Der Druckverlust kann in diesem Fall weniger als 25 Pa betragen. Der Federturbulator 36 weist in diesem Fall idealerweise einen Außendurchmesser von 65 mm, eine Steigung von 50 mm, und ein Profil von 10 x 3 mm auf. Der Bandturbulator 37 kann in diesem Fall einen Außendurchmesser von 43 mm, eine Steigung von 150 mm und ein Profil von 43 x 2 mm aufweisen. Eine Blech-

stärke des Bandturbulators kann 2 mm betragen.

[0198] Eine gute Effizienz wird mittels 18 bis 24 Kesselrohren und einen Durchmesser von 70 bis 85 mm bei einer Wandstärke von 3 bis 4,5 mm erreicht. Dabei können entsprechend angepasste Feder- und Bandturbulatoren zum Einsatz kommen.

[0199] Allerdings können zur Erreichung einer ausreichenden Effizienz zwischen 14 und 28 Kesselrohre 32 mit einem Durchmesser zwischen 60 und 80 mm mit einer Wandstärke von 2 bis 5 mm verwendet werden. Der Druckverlust kann in diesen Fällen zwischen 20 und 40 Pa betragen, und ist mithin als positiv zu bewerten. Der Außendurchmesser, die Steigung und das Profil der Feder- und Bandturbulatoren 36, 37 ist entsprechend angepasst vorgesehen.

[0200] Die gewünschte Zieltemperatur am Austritt der Kesselrohre 32 kann bei Nennleistung bevorzugt zwischen 100 und 160 Grad Celsius liegen.

(Reinigungseinrichtung für den Kessel)

[0201] Fig. 9 zeigt eine Reinigungseinrichtung 9, mit der sowohl der Wärmetauscher 3 als auch die Filtereinrichtung 4 automatisch (ab-) gereinigt werden können. Die Fig. 9 stellt die Reinigungseinrichtung aus dem Kessel 11 der Anschaulichkeit halber herausgestellt dar. Die Reinigungseinrichtung 9 betrifft den gesamten Kessel 11 und betrifft somit den konvektiven Teil des Kessels 11 und auch den letzten Kesselzug, in welchen die elektrostatische Filtereinrichtung 4 optional integriert werden kann.

[0202] Die Reinigungseinrichtung 9 weist Hebel 921, auf, die Kräfte auf zwei Reinigungswellen 92 übertragen können, wobei die Reinigungswellen 92 wiederum in einer Wellenhalterung 93 gelagert sind. Die Reinigungswellen 92 können bevorzugt auch noch an weiterer Stelle, beispielsweise an den entfernten Enden, ebenso drehbar gelagert sein. Die Reinigungswellen 92 weisen Fortsätze 94 auf, mit denen über Gelenke oder über Drehlager der Käfig 48 der Filtereinrichtung 4 und die Turbulatorhalterungen 95 verbunden und gelagert sind. In Fig. 9 ist lediglich ein winkliger Fortsatz 94 beispielhaft dargestellt. Der Fortsatz 94 bzw. die Fortsätze können sich jedoch auch geradlinig erstrecken.

[0203] Die Hebel 921 weisen an deren distalem (von der Reinigungswelle 92 entfernten) Ende Hebelzapfen 922 auf, welche in Richtung der Achse der Reinigungswelle 92 hervorspringen. Diese Hebelzapfen greifen in später erläuterte Schlitze oder Langlöcher 743, auch Hebelzapfenloch 743 bezeichnet, ein.

[0204] Die Turbulatorhalterung 95 ist in Fig. 10 herausgestellt und vergrößert dargestellt. Die Turbulatorhalterung 95 ist kammartig ausgestaltet und bevorzugt horizontalsymmetrisch ausgebildet. Weiter ist die Turbulatorhalterung 95 als ein flaches Metallstück mit einer Materialstärke in Dickenrichtung D zwischen 2 und 5 mm ausgebildet. Die Turbulatorhalterung 95 weist an deren Unterseite zwei Drehlageraufnahmen 951 zur Verbin-

dung mit Drehlagerzapfen (nicht dargestellt) der Fortsätze 94 der Reinigungswellen 92 auf. Die Drehlageraufnahmen 951 können ein horizontales Spiel aufweisen, in welchem sich Drehlagerzapfen oder ein Drehlagergestänge 955 hin- und bewegen kann/können, wenn sich die Fortsätze 94 bei Drehung der Reinigungswelle 92 hebelartig mit der Reinigungswelle 92 als Drehachse bewegen. Die Fortsätze 94 können sich beispielsweise in Seitenrichtung des Kessels 11 von der Reinigungswelle 92 weg erstrecken. Am distalen Ende der Fortsätze 94 können beispielsweise die Turbulatorhalterung 95 und/oder der Käfig 48 und/oder auch die Turbulatoren 36/37 befestigt sein. Diese Befestigung kann über ein Gelenk oder auch, wie oben beschrieben, über ein Lager, oder über ein Spiel erfolgen. Die Fortsätze 94 dienen auch als Hebel. Es wird eine Drehung in einen Hub umgesetzt und umgekehrt.

[0205] Die Fortsätze 94 der Reinigungswelle 92 erstrecken sich radial von der Reinigungswelle 92 weg, so dass diese bei Drehung der Reinigungswelle die Turbulatorhalterung 95 (und den Reinigungskäfig 94) anheben oder absenken.

[0206] Insofern sind an der Reinigungswelle 92 die Fortsätze derart vorgesehen, dass die Drehung der Reinigungswelle 92 in einen zumindest anteiligen vertikalen Hub umgesetzt wird und umgekehrt.

[0207] Dabei wirkt das Eigengewicht der Turbulatoren 36, 37, des (optionalen) Käfigs 48 und auch der zugehörigen Teile, wie beispielsweise die Turbulatorhalterung 95, über die Fortsätze 92 auf die Reinigungswelle 92 derart, dass diese die Reinigungswelle 92 in eine vorgegebene Drehrichtung der Reinigungswelle 92 drücken bzw. die Gewichtskraft dieser Elemente wird in ein Drehmoment an der Reinigungswelle 92 umgesetzt.

[0208] Das Eigengewicht der auf die Reinigungswelle 92 wirkenden Teile bzw. Elemente kann mehr als 10 Kilogramm, bevorzugt mehr als 30 Kilogramm, betragen, um ein starkes Drehmoment an der Mittenachse der Reinigungswelle 92 zu erzeugen.

[0209] Zusammengefasst dient die Reinigungswelle 92 bzw. dienen die Reinigungswellen 92 als Übertragungsglied/er zwischen den Reinigungselementen, beispielsweise den Turbulatoren 36, 37, und einem Schubglied 74, welches später in Bezug auf die Figuren 13 bis 24 näher erläutert werden wird.

[0210] Vertikal hervorstehende Fortsätze 952 weisen des Weiteren eine Mehrzahl von Ausnehmungen 954 auf, in und mit denen die Doppelturbulatoren 36, 37 befestigt werden können. Die Ausnehmungen 954 können einen Abstand zueinander aufweisen, der dem Gangabstand der Doppelturbulatoren 36, 37 entspricht. In der Turbulatorhalterung 95 können zudem bevorzugt Durchlässe 953 für das Rauchgas angeordnet sein, um die Strömung aus den Kesselrohren 32 in die Filtereinrichtung 4 zu optimieren. Andernfalls würde das Flachmetall quer zur Strömung stehen und diese zu stark behindern.

[0211] Zudem dreht sich bei der Montage des jeweiligen Federturbulators 36 inkl. des Spiralturbulators (Dop-

pelturbulator) die Spirale durch ihr Eigengewicht automatisch in die Aufnahme der Turbulatorhalterung 95 (die auch als Aufnahmestange bezeichnet werden kann) und ist somit fixiert und gesichert. Dies erleichtert die Montage deutlich.

[0212] Die Figuren 11 und 12 zeigen die Abreinigungsmechanik 9 ohne den Käfig 48 in zwei unterschiedlichen Zuständen. Dabei ist die Käfighalterung 481 besser zu erkennen.

[0213] Fig. 11 zeigt die Abreinigungsmechanik 9 in einem ersten (Ruhe-) Zustand, wobei sich sowohl die Turbulatorhalterungen 95 als auch die Käfighalterung 481 in einer unteren Position befinden. An einer der Reinigungswellen 92 ist ein zweiarmliger Schlaghebel 96 mit einem Anschlagkopf 97 befestigt. Der Schlaghebel 96 kann alternativ auch ein- oder mehrarmig vorgesehen sein. Der Schlaghebel 96 mit dem Anschlagkopf 97 ist derart eingerichtet, dass dieser an das Ende der (Sprüh-)Elektrode 45 bewegt werden kann bzw. an diese anschlagen kann. Insbesondere mit der durch später erläuterte, das Schubelement 74 erzeugten beschleunigten Bewegung, kann der Schlagvorgang vorteilhaft schnell und mit viel Energie erfolgen.

[0214] Fig. 12 zeigt die Abreinigungsmechanik 9 in einem zweiten (Maximalhub) Zustand, wobei sich sowohl die Turbulatorhalterungen 95 als auch die Käfighalterung 481 in einer oberen Position befinden.

[0215] Beim Übergang vom ersten Zustand in den zweiten Zustand (und umgekehrt) wird durch Drehung der Reinigungswellen 92 mittels der Reinigungsantriebe 91 sowohl die Turbulatorhalterung 95 als auch die Käfighalterung 481 über die Fortsätze 952 (und ein Drehlagergestänge 955) vertikal angehoben. Damit können die Doppelturbulatoren 36, 37 in den Kesselrohren 32 und auch der Käfig 48 in dem Kamin der Filtereinrichtung 4 nach oben und nach unten bewegt werden und können die jeweiligen Wände entsprechend von Flugasche oder Ähnlichem abreinigen.

[0216] Es kann zudem der Schlaghebel 96 mit dem Anschlagkopf 97 bspw. beim Übergang vom ersten Zustand in den zweiten Zustand an das Ende der (Sprüh-) Elektrode 45 anschlagen. Dieses Anschlagen am freien (d.h. nicht aufgehängten) Ende der (Sprüh-) Elektrode 45 hat den Vorteil gegenüber herkömmlichen Rüttelmechaniken (bei diesen wird die Elektrode an deren Aufhängung bewegt), dass die (Sprüh-) Elektrode 45 entsprechend ihrer Schwingungscharakteristika nach der Anregung durch das Anschlagen selbst (im Idealfall frei) schwingen kann. Dabei bestimmt die Art des Anschlags die Schwingungen bzw. Schwingungsmodi der (Sprüh-) Elektrode 45. Es kann die (Sprüh-) Elektrode 45 von unten (d.h. aus deren Längsachsenrichtung bzw. aus deren Longitudinalrichtung) für die Erregung einer Stoßwelle oder einer Longitudinalschwingung angeschlagen werden. Es kann die (Sprüh-) Elektrode 45 aber auch seitlich (in den Figuren 11 und 12 beispielsweise aus Richtung des Pfeils V) angeschlagen werden, womit diese transversal schwingt. Oder es kann die (Sprüh-) Elektrode 45

(wie vorliegend in den Figuren 11 und 12 dargestellt) an deren Ende aus einer leicht seitlich versetzten Richtung von unten angeschlagen werden. In letzterem Fall werden eine Mehrzahl von unterschiedlichen Schwingungsarten in der (Sprüh-) Elektrode 45 (durch das Anschlagen) erzeugt, die sich im Abreinigungseffekt vorteilhaft aufaddieren und die Abreinigung in deren Effizienz verbessern. Insbesondere die Scherwirkung der Transversalschwingung an der Oberfläche der (Sprüh-) Elektrode 45 kann den Abreinigungseffekt verbessern.

[0217] Insofern kann es in der elastischen Federelektrode 45 zu einem Stoß bzw. einer Stoßwelle in Längsrichtung der bevorzugt als länglicher plattenförmiger Stab ausgeführten Elektrode 45 kommen. Ebenso kann es zu einer Transversalschwingung der (Sprüh-) Elektrode 45 aufgrund der wirkenden Querkkräfte (die quer bzw. rechtwinklig zur Längsachsenrichtung der Elektrode 45 ausgerichtet sind) kommen.

[0218] Ebenso kann man mehrere Schwingungsarten gleichzeitig erzeugen. Insbesondere eine Stoßwelle und/oder Longitudinalwelle kombiniert mit einer Transversalschwingung der Elektrode 45 kann nochmals zu einer verbesserten Abreinigung der Elektrode 45 führen.

[0219] Im Ergebnis ist eine vollautomatische Abreinigung während der Entaschung in eine gemeinsame Aschebox an der Vorderseite der Heizanlage (nicht dargestellt) über die Austragungsschnecke 71 realisierbar. Ebenso kann die Federstahlelektrode 48 verschleißfrei und geräuscharm abgereinigt werden.

[0220] Weiter ist die Reinigungseinrichtung 9 auf die beschriebene Weise einfach und kostengünstig zu fertigen und weist einen einfachen und verschleißarmen Aufbau auf.

[0221] Weiter ist die Reinigungseinrichtung 9 mit der Antriebsmechanik derart eingerichtet, dass Ascherückstände vorteilhaft schon ab dem ersten Zug der Kesselrohre 32 durch die Turbulatoren abgereinigt werden können und nach unten abfallen können.

[0222] Zudem ist die Reinigungseinrichtung 9 im unteren, sogenannten "kalten Bereich" des Kessels 11 verbaut, was den Verschleiß ebenso verringert, da die Mechanik keinen sehr hohen Temperaturen ausgesetzt ist (d.h. die thermische Belastung ist verringert). Im Gegensatz dazu wird im Stand der Technik die Reinigungsmechanik im oberen Bereich der Anlage verbaut, was den Verschleiß entsprechend nachteilig erhöht.

[0223] Durch eine regelmäßige automatisierte Abreinigung wird zudem der Wirkungsgrad der Anlage 1 verbessert, da die Oberflächen des Wärmetauschers 3 sauberer sind. Ebenso kann die Filtereinrichtung 4 effizienter arbeiten, da auch deren Oberflächen sauberer sind. Dies ist auch deshalb wichtig, da die Elektroden der Filtereinrichtung 4 schneller verschmutzen als der konvektive Teil des Kessels 11.

[0224] Dabei ist eine Abreinigung der Elektroden der Filtereinrichtung 4 vorteilhaft auch im Betrieb bzw. während des Betriebs des Kessels 11 möglich.

(Verbesserte Reinigungseinrichtung 9)

[0225] Fig. 13 zeigt eine Querschnittsansicht durch eine Biomasse-Heizanlage 1 gemäß einer Abwandlung der Biomasse-Heizanlage der Fig. 1 und Fig. 2, welche aus der Seitenansicht S betrachtet dargestellt ist.

[0226] Die Abwandlung der Fig. 13 der Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 1 betrifft geringfügige Änderungen an der Anzahl der Kesselrohre 32 und der Dimensionierung der Biomasse-Heizanlage 1, sowie eine weitere Verbesserung der Reinigungseinrichtung 9 und der Ascheabfuhr 7.

[0227] Gleiche Bezugszeichen oder übereinstimmend dargestellte Komponenten der Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 13 werden verwendet, um auf ähnliche oder technisch entsprechende Elemente zu verweisen. Weiter können der Übersichtlichkeit halber in einzelnen Detail- oder Ausschnittsansichten, die zu der Fig. 1, Fig. 2 und der Fig. 13 zugehörig sind, mehr Elemente oder Merkmale mit Bezugszeichen dargestellt und erläutert sein, als in den Überblicksansichten der Fig. 1, Fig. 2 und der Fig. 13. Es ist davon auszugehen, dass diese Elemente oder Merkmale auch entsprechend zugehörig der jeweilig anderen Überblicksansicht offenbart sind, auch wenn diese dort nicht explizit aufgeführt oder in der Beschreibung nochmals erläutert sind. Damit können die Merkmale der Figs. 1 bis 12 und der Figs. 13 bis 24 entsprechend miteinander kombiniert werden. Des Weiteren wurden der Übersichtlichkeit halber nur die für die nachfolgenden Erläuterungen relevanten Merkmale mit Bezugszeichen bezeichnet. So ist beispielsweise in der Fig. 13 eine Brennkammerdecke 204 offenbart, ohne dass diese mit einem Bezugszeichen beziffert ist.

[0228] Die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 weist einen Kessel 11, eine Brenneinrichtung 2 mit einer Brennkammer 24, einen Kesselfuß 12 (dieser ist unten vorgesehen) und einen beweglichen Aschebehälter 79 zur Aufnahme der durch die Ascheaustragungsschnecke 71 aus der Biomasse-Heizanlage 1 hinausbeförderten Verbrennungsrückstände auf.

[0229] Der Pfeil S gibt die Seitenansicht auf die Biomasse-Heizanlage 1 an, und der Pfeil V gibt die Vorderansicht auf die Biomasse-Heizanlage 1 an.

[0230] Die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 weist weiter einen Wärmetauscher 3 mit Turbulatoren 36, 37 auf, welche in Höhenrichtung bzw. in Axialrichtung der Kesselrohre 32 beweglich angeordnet sind. So können die Turbulatoren 36, 37 in den Kesselrohren 32 hin- und her bewegt werden.

[0231] Dabei werden durch die Bewegung der Turbulatoren 36, 37 Verbrennungsrückstände aus den Kesselrohren 32 entfernt, mechanisch von den Wänden der Kesselrohre 32 gelöst, beispielsweise abgekratzt oder durch Stoß gelöst (Näheres hierzu später). Die Verbrennungsrückstände fallen dabei nach unten in den Förderbereich der Ascheaustragungsschnecke 71, werden dort gesammelt, und werden in der Fig. 13 nach rechts aus der Biomasse-Heizanlage 1 hinausbefördert.

[0232] Weiter ist optional eine Filtereinrichtung 4 vorgesehen, welche eine (Sprüh-) Elektrode 45 und einen (Reinigungs-) Käfig 48 als Gegenelektrode aufweist. Der Käfig 48 ist dabei derart angeordnet, dass dieser bei dessen Auf- und Abbewegung die Wand der Filtereinrichtung mechanisch löst, beispielsweise abkratzt oder durch Stoß herauslöst (Näheres hierzu später). Auch hier fallen die Verbrennungsrückstände nach unten durch den Filtereintritt 44 in den Förderbereich der Ascheaustragungsschnecke 71, werden dort gesammelt, und werden in der Fig. 13 nach rechts aus der Biomasse-Heisanlage 1 hinausbefördert.

[0233] Zur Umsetzung der vorstehend beschriebenen Funktionalität ist eine verbesserte Reinigungseinrichtung 4 vorgesehen, die durch eine, vorzugsweise einzige, Antriebseinheit 72 angetrieben wird. Beispielsweise, aber nicht ausschließlich, kann die Antriebseinheit ein Elektromotor 72 sein.

[0234] Der Elektromotor 72 ist als einziger Antrieb für alle Komponenten der Reinigungseinrichtung 9 incl. der Ascheabfuhr 7 vorgesehen, womit das vorliegende Gesamtkonzept konstruktiv vorteilhaft (platzsparend, günstig, robust) ist. Der Elektromotor 72 kann weiterhin beispielsweise ein Elektromotor mit einem Getriebe sein, der mehr als drei Umdrehungen pro Minute bei mehr als 50 Nm Drehmoment, vorzugsweise mehr als vier Umdrehungen pro Minute bei maximal 100 Nm Drehmoment, vorsehen kann.

[0235] Der Elektromotor 72 kann weiter einen (internen oder externen) Freilauf 73 aufweisen. Insbesondere kann das Getriebe des Elektromotors mit dem Freilauf 73 integriert vorgesehen sein.

[0236] Vorzugsweise kann ein (später erläutertes) Kurbelement 77 über eine Achse durch den Freilauf 73, beispielsweise einen Kugellagerfreilauf, gelagert sein. Die Achse kann dabei vorzugsweise der Achse der Ascheaustragungsschnecke 71 entsprechen, womit das Kurbelement 77 und die Ascheaustragungsschnecke 71 über den Freilauf gemeinsam angetrieben werden. In Fig. 15 ist die Mittelachse dieser gemeinsamen Achse als Drehachse 773 bezeichnet.

[0237] Der Freilauf kann dabei vorteilhaft zusätzlich für eine Rückwärtsfahrt der Ascheaustragungsschnecke 71 verwendet werden, welche beispielsweise bei in der Ascheaustragungsschnecke 71 klemmenden Festkörpern zur Entfernung der Festkörper erforderlich wird.

[0238] In Fig. 13 im Schnitt dargestellt ist ein Schubglied 74, welches u.A. durch den Elektromotor 72 über ein Kurbelement 77 bewegt werden kann.

[0239] Der Elektromotor 72 und weitere bewegliche Elemente der Reinigungseinrichtung 9 können durch unbewegliche Elemente des Kessels 11, welche zusammengefasst als Gestell 76 bezeichnet werden, fixiert oder gelagert sein.

[0240] Zur Erfassung der Bewegung oder der Position des Schubglieds 74 ist ein Sensor 75 vorgesehen.

[0241] Die Fig. 14 zeigt eine Draufsicht auf ein freigestelltes Schubglied 74 der Fig. 13 aus Richtung der Hin-

terseite der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13. Die Fig. 15 zeigt eine Draufsicht auf das freigestellte Schubglied 74 der Fig. 14 aus Richtung der Hinterseite der Biomasse-Heisanlage 1 zusammen mit weiteren Anlagenteilen der Biomasse-Heisanlage 1 der Fig. 13.

[0242] Zunächst wird aus Gründen der Übersichtlichkeit das Schubglied 74 als Einzelteil erläutert (vgl. Fig. 14), wobei anschließend das Schubglied 74 funktional erläutert wird (vgl. Fig. 15).

[0243] Das Schubglied 74 kann (in etwa) plattenförmig vorgesehen sein, womit in Fig. 14 eine Draufsicht auf dieses plattenförmige Element dargestellt ist. Beispielsweise kann das Schubglied 74 aus einer zumindest 5 mm, vorzugsweise mindestens 1 cm, dicken Metallplatte hergestellt sein. Dabei kann das Schubglied beispielsweise mittels eines Laserschneidverfahrens als eine Vollplatte herausgeschnitten sein. Weiter kann das Schubglied einstückig vorgesehen sein. Damit ist das Schubglied 74 entsprechend robust und kann die bei den später erläuterten Vorgängen und Bewegungen auch den entsprechend angreifenden Kräften widerstehen.

[0244] Das Schubglied 74 weist eine besondere Formgebung auf, wie nachstehend erläutert. Das Schubglied 74 weist zwei Führungslöcher 742 auf, welche als Langloch oder Schlitz vorgesehen sind. Alternativ kann das Schubglied (nicht dargestellt) jedoch auch nur eines oder mehr als zwei Führungslöcher aufweisen. Die Längsrichtung bzw. die Längenrichtung der Führungslöcher 742 kann in Bezug auf einen Einbau des Schubglieds 74 im Kessel 11 horizontal vorgesehen sein. Ebenso kann die Längenrichtung der Führungslöcher 742 in der Seitenrichtung des Kessels 11 vorgesehen sein.

[0245] Die Führungslöcher 742 dienen der beweglichen Lagerung des Schubglieds 74, was später in Bezug auf Fig. 15 näher erläutert wird.

[0246] Weiter weist das Schubglied 74, vorzugsweise in Bezug auf die Breitenerstreckung des Schubglieds 74 in etwa oder genau mittig, eine Öffnung 741 zur Aufnahme eines kraftausübenden Elements (wird später in Bezug auf Fig. 15 näher erläutert) auf. Die Öffnung 741 ist als längliche Öffnung mit abgerundeten Enden vorgesehen.

[0247] Zudem weist das Schubglied 74 zwei Zapfenlöcher 743, vorzugsweise Hebelzapfenlöcher 743 auf. Alternativ kann das Schubglied 74 (nicht dargestellt) auch nur ein oder mehr als zwei Zapfenlöcher aufweisen. Dabei kann die Längenrichtung der Zapfenlöcher 743 in Bezug auf den Kessel 11 in vertikal vorgesehen sein.

[0248] Ein "Loch" des Schubglieds kann hierbei ein vollständig von Material umschlossenes Loch sein, oder beispielsweise ein Schlitz sein, welcher an einem Ende offen vorgesehen ist.

[0249] Weiter weist das Schubglied 74 einen später näher erläuterten Anschlag 744 auf.

[0250] Anzumerken ist, dass die Längenrichtung(en) der Führungslöcher 742 vorzugsweise senkrecht zu den Längenrichtungen der Zapfenlöcher 753 vorgesehen ist.

[0251] Dieses Schubglied 74 dient als Teil eines (im-

pulserzeugenden) Getriebes der Biomasse-Heizanlage, mit dem vorteilhaft Bewegungsgrößen der einzelnen Teile der Reinigungseinrichtung 9 verändert oder angepasst werden.

[0252] Insbesondere wird die Drehbewegung der Antriebseinheit 72 mit dem Schubglied 74 in ruckartige bzw. beschleunigte Bewegungen von Reinigungselementen der Biomasse-Heizanlage 1, beispielsweise des Käfigs 48, der Turbulatoren 36, 37 und/oder des Schlaghebels 96 umgesetzt.

[0253] Dies wird nachstehend mit Bezug auf die Fig. 15 näher erläutert, welche die mechanischen Funktionen des Schubglieds 74 illustriert.

[0254] In Fig. 15 dargestellt sind Führungszapfen 711, die der beweglichen Lagerung des Schubglieds 74 dienen. In Fig. 15 erstrecken sich die Führungszapfen 711 in die Papierebene hinein bzw. aus dieser heraus. Die Führungszapfen 711 sind stationär im oder am Kessel 11 vorgesehen, und geben zusammen mit den Führungslöchern 742 die Bewegungsfreiheit des Schubglieds 74 vor. Eine Bewegung der Führungszapfen 711 in den Führungslöchern 742 (d.h. eine Bewegung der Führungslöchern 742 relativ zum Schubglied 74) ist mit den beiden Doppelpfeilen in den Führungslöchern 742 angedeutet.

[0255] In Fig. 15 kann sich das Schubglied in Richtung der Doppelpfeile HR hin- und her bewegen. Das Schubglied 74 ist also in Bezug auf den Kessel 11 seitlich verschiebbar vorgesehen. Das Schubglied 74 ist dabei geradlinig verschiebbar vorgesehen.

[0256] In anderen Worten kann das Schubglied in einer geradlinigen translatorischen Bewegung bewegt werden.

[0257] Die mögliche Länge der Bewegung des Schubglieds 74 wird durch die Doppelpfeile FL angegeben, wobei sich diese Länge aus der Länge der Führungslöcher 742 ergibt.

[0258] Erzeugt wird die Bewegung zumindest größeren Teils in Schubrichtung durch die Antriebseinheit 72 (nicht dargestellt), beispielsweise einen Elektromotor, welcher über einen Freilauf 73 (nicht dargestellt) und ein Kurbelement 77 antreibt. Das Kurbelement 77 kann dabei beispielsweise als Kurbelscheibe mit einem (beispielsweise stabförmigen) Kurbelfortsatz 771 vorgesehen sein, oder alternativ als Kurbelhebel mit Kurbelfortsatz 771. Das Kurbelement 77 dreht sich bzw. kurbelt um die Drehachse 773 des Kurbelements 77.

[0259] Die Mittenachse des Kurbelfortsatzes 771 ist in Fig. 15 senkrecht zur Papierebene vorgesehen. Alternativ kann die Mittenachse auch leicht winklig zur Papierebene vorgesehen sein.

[0260] Auf dem Kurbelfortsatz 771 kann optional zur Verringerung des Verschleißes und für einen besseren Lauf der Mechanik eine Laufrolle 772 vorgesehen sein, wobei die Laufrolle 772 in Fig. 15 gestrichelt dargestellt ist.

[0261] Der Kurbelfortsatz 771 und die optionale Laufrolle 772 ragen durch die Öffnung 741 des Schubglieds 74 hindurch. In anderen Worten bewegt sich der Kurbel-

fortsatz 771 in der Öffnung 741 des Schubglieds 74. Dabei kann der Kurbelfortsatz 771 oder die Laufrolle 772 an die Ränder der Öffnung 741 anliegen. In vorliegend dargestelltem Fall liegt die Laufrolle 772 mit deren Außenseite an den Innenrändern der Öffnung 741 an.

[0262] Der effektive Radius der Kurbelbewegung des Kurbelements 77 ist mit dem von der Drehachse 773 ausgehenden Pfeil RH und der zugehörigen gestrichelten Linie angegeben (d.h., dies ist der Außenradius der Laufrolle bei einer kreisförmigen Bewegung des Kurbelements 77 mit der Laufrolle 772), womit der Durchmesser der Auslenkung durch das Kurbelement 77 zweimal der Radius RH ist.

[0263] Die Drehrichtung des Kurbelements 77 ist in Fig. 15 mit dem Pfeil DR angegeben.

[0264] Die Länge FL kann größer als oder gleich der Radius RH mal zwei sein. Die besondere Geometrie der Öffnung 741 (u.A.) kann zu dem Impulseffekt der vorliegenden Abreinigungseinrichtung führen.

[0265] In Fig. 15 dargestellt, aber nicht näher bezeichnet, sind eine Sechskantmutter und eine Beilagscheibe zur Fixierung der Laufrolle 772 in der Öffnung 741 des Schubglieds 74.

[0266] Die Öffnung 741 weist eine Breite SB auf, die gleich oder größer als die Breite der Laufrolle 772 oder gleich oder größer als die Breite des Kurbelfortsatzes 771 (ohne Laufrolle) ist.

[0267] In Fig. 15 gezeigt ist, dass die Breite SB (Schubgliedöffnungsbreite SB) der Öffnung 741 etwas größer ist als der Durchmesser der Laufrolle 771. Damit kann vorzugsweise ein Spiel zur Verschleißminimierung vorgesehen sein.

[0268] Die Länge LB (Schubgliedöffnungslänge) der Öffnung 741 kann weiterhin gleich oder größer als zweimal der Radius RH sein. In Fig. 15 gezeigt ist, dass die Länge SB der Öffnung 741 etwas größer ist als der Durchmesser der effektiven Kurbelbewegung ($= 2 \times RH$).

[0269] Damit sind das Kurbelement 77 und die Öffnung 741 derart vorgesehen, dass sich der Kurbelfortsatz 771 und die Laufrolle 772 in der Öffnung 741 zur Schuberzeugung entsprechend bewegen können. Der Bewegungsverlauf ist in Bezug auf die noch nachstehenden Figuren näher beschrieben, worauf verwiesen wird.

[0270] Weiter ist ein Dämpfungselement 78, beispielsweise eine Spiralfeder oder auch ein Gummielement, vorgesehen. Das Dämpfungselement 78 ist mit einer Dämpfungselementfixierung 781 am Kessel 11 befestigt. Die Dämpfungselementfixierung 781 ist damit unbeweglich vorgesehen. Das Dämpfungselement 78 ist damit bezugnehmend auf Fig. 15 auf dessen linker Seite fixiert.

[0271] Auf Seiten des Schubglieds 74 ist ein Anschlag 744 für das Dämpfungselement 78 vorgesehen.

[0272] Mit dem Dämpfungselement 78 wird im Wesentlichen die Bewegung bzw. Beschleunigung des Schubglieds 74 in Impulsrichtung gedämpft bzw. entschleunigt. Dies dient der Verschleißminimierung und der Geräuschkämpfung. Mittels der Federkonstante oder der Elastizität des Dämpfungselements 78 kann zu-

dem vorteilhaft die Kinetik des Schubglieds und damit der Reinigungseinrichtung 9 justiert werden. Somit ist beispielsweise die Mittenachse einer Spiralfeder als Dämpfungselement 78 zumindest weitgehend parallel zu den Bewegungsrichtungen HR des Schubglieds 74 vor-
gesehen.

[0273] Ausgehend von der Möglichkeit zur Hin- und Herbewegung des Schubglieds 74 in den Richtungen des Doppelpfeils HR gibt es zwei Elemente, die mit dem Schubglied 74 bewegt werden bzw. sich bewegen: die Hebelzapfen 922 der Hebel 921. Anzumerken ist, dass alternativ auch nur ein Element bzw. Hebelzapfen 922 mit entsprechendem Loch vorgesehen sein kann.

[0274] Die Hebelzapfen 922 und die Hebel 921 werden nachstehend näher erläutert.

[0275] In Fig. 15 sind die Führungszapfen 711 zugleich die Enden der Achsen der Reinigungswellen 92, wobei die Reinigungswellen 92 und damit die Führungszapfen 711 im Kessel 11 stationär gelagert sind. Die gestrichelt dargestellten Hebel 921 sind an den Reinigungswellen 92 befestigt und die Reinigungswellen 92 können mittels der Hebel 921 gedreht werden und umgekehrt. Die Hebel 921 können beispielsweise stabförmig ausgestaltet sein. Die Hebel 921 der Fig. 15 sind weiter auch in Fig. 13 dargestellt.

[0276] An den distalen Enden DE der jeweiligen Hebel 921 befinden sich Hebelzapfen 922, welche sich durch die Hebelzapfenlöcher 743 erstrecken. Die Hebelzapfen 922 können sich in den Hebelzapfenlöchern 743 in Richtung der jeweils danebenstehenden Doppelpfeile (auf- und ab) bewegen.

[0277] Ausgehend von einer Hin- und Herbewegung des Schubglieds 74 können sich die Hebel 921 in dem jeweiligen Winkelbereich S bewegen. Somit bewegen sich die Hebelzapfen 922 (d.h., eine Hin- und Herbewegung des Schubglieds 74) entlang der Kreissegmentlinien, die mit dem jeweiligen Winkel S in Fig. 15 angegeben sind.

[0278] Im Ergebnis drehen sich die Achsen der Reinigungswellen 92 über die Hebel 921, wenn sich das Schubglied 74 hin- und her bewegt. Dabei können Kräfte in beide Richtungen übertragen werden, d.h., vom Schubglied 74 auf die Reinigungswellen 92 und umgekehrt.

[0279] Das Schubglied 74 wird weiter abwechselnd in der in Fig. 15 angegebenen Schubrichtung und der ebenso in Fig. 15 angegebenen Impulsrichtung hin- und her bewegt. Dies und das Zusammenspiel des Kurbelements 77, des Schubglieds 74 und der Reinigungswellen 92 wird nachstehend in Bezug auf die Figuren 16 bis 23 erläutert.

[0280] Diese Figuren 16 bis 23 zeigen mit jeweils zwei aufeinanderfolgenden Figuren insgesamt vier Zustände der Reinigungseinrichtung 9. Im Einzelnen:

Die Fig. 16 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 und damit das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im größeren Kontext der Biomasse-Heizanlage 1. Fig. 17 zeigt eine korrespondierende An-

sicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 im Ausgangs- oder Ruhezustand mit Einblick in die Biomasse-Heizanlage 1.

[0281] Fig. 18 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9. Fig. 19 zeigt eine korrespondierende Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heizanlage 1.

[0282] Fig. 20 zeigt eine Hinteransicht der Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Maximalhubzustand der Reinigungseinrichtung 9. Fig. 21 zeigt eine korrespondierende Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 im Schubzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heizanlage 1.

[0283] Fig. 22 zeigt eine korrespondierende Hinteransicht der Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 und das Schubglied 74 der Fig. 14 und Fig. 15 im Fallzustand der Reinigungseinrichtung 9. Fig. 23 zeigt eine korrespondierende Ansicht von schräg hinten auf die Biomasse-Heizanlage 1 der Fig. 13 im Fallzustand der Reinigungseinrichtung 9 mit Einblick in die Biomasse-Heizanlage 1.

[0284] Gleiche Bezugszeichen in den Figuren 1 bis 24 und insbesondere der Figuren 13 bis 23 offenbaren die gleichen oder technisch übereinstimmende Merkmale, weshalb eine redundante Erläuterung dieser Merkmale bei den nachfolgenden Erläuterungen entfallen kann.

[0285] Es zeigen die Figuren 16 bis 23 vier Zustände der Reinigungseinrichtung 9, welche bei einem Antrieb durch die Antriebseinheit 72 der Reihe nach durchlaufen werden. Insofern ist auch ein Verfahren zum Abreinigen einer Biomasse-Heizanlage 1 mit zumindest vier Schritten offenbart, wie folgt näher erläutert:

(Ruhezustand)

[0286] Die Figuren 16 und 17 zeigen die Reinigungseinrichtung 9 in einem Ausgangs- / Ruhezustand. In diesem Zustand findet der übliche Betrieb der Biomasse-Heizanlage statt, ohne dass eine Abreinigung stattfinden muss. Insofern kann die Reinigungseinrichtung auch eine längere Zeitdauer in diesem Ruhezustand verbleiben. Damit ist dieser Zustand auch der Ausgangszustand für einen Abreinigungsvorgang bzw. das vorliegende Abreinigungsverfahren.

[0287] In dem Ausgangszustand befindet sich das Kurbelement 77 in einer ersten Drehposition (auch als Ausgangsposition bezeichnet), welche in Fig. 16 schematisch durch die Punkt-Strich-Linie angegeben ist, welche sich von der Drehachse 773 des Kurbelements 77 nach links erstreckt. Die Führungszapfen 711 befinden sich in den Führungslöchern 742 an der rechten Seite der Fig. 16. Das Schubglied 74 ist in Impulsrichtung, d.h. von vorne betrachtet in Richtung der rechten Seite der Biomasse-Heizanlage 1, zumindest weitgehend ausgelenkt.

[0288] Der Sensor 75, beispielsweise ein magne-

tisch/induktiver Sensor, kann die Anwesenheit des Schubglieds 74 erfassen und beispielsweise an eine (nicht dargestellte) Steuereinrichtung übermitteln. Damit kann die Biomasse-Heisanlage 1 das Vorliegen des Ruhezustands bzw. des Ausgangszustands erfassen.

[0289] Dabei ist das Dämpfungselement 78 komprimiert und liegt an dem Anschlag für das Dämpfungselement 744 an. Die beiden Hebel 921 befinden sich in einer Grundposition.

[0290] Bezugnehmend auf Fig. 17 geben die jeweiligen Doppelpfeile die möglichen Bewegungsrichtungen der einzelnen Reinigungselemente an. Ein Reinigungselement kann beispielsweise der Käfig 48 und/oder ein einzelner Turbulator oder auch mehrere Turbulatoren 36, 37 und/oder der Schlaghebel 96 sein.

[0291] Diese Reinigungselemente befinden sich im Ausgangszustand der Reinigungseinrichtung in einer Position, bei denen die Reinigungselemente zumindest weitgehend in Bezug auf deren vertikalen Bewegungsspielraum unten angeordnet sind.

[0292] Diese untere Position ist in Fig. 17 beispielhaft in Bezug auf das obere Ende der Turbulatoren mit H1 angegeben. Ebenso befindet sich der Käfig 48 in einer unteren Position. Diese Position ist in Bezug auf ein oberes Ende des Käfigs 48 in Fig. 17 ebenso mit H1 angegeben, wobei das Zusammenfallen der beiden Höhen der Reinigungselemente vorliegend lediglich zufällig ist. Der Käfig 48 und die Turbulatoren 36 und 37 können generell auch in unterschiedlichen Höhenlagen angeordnet sein.

[0293] Damit ist die relative potentielle Energie der Reinigungselemente im Ausgangszustand gering oder Null.

(Schubzustand)

[0294] Die Figuren 18 und 19 zeigen die Reinigungseinrichtung 9 in einem Schubzustand. Zu Beginn dieses Zustands wird eine Abreinigung gestartet oder fortgeführt. Die Antriebseinheit 72 dreht das Kurbelement 77 aus dessen Ausgangsposition bzw. ersten Kurbeldrehposition (kurz: erste Position) in Richtung der Drehrichtung DR und schiebt damit das Schubglied 74 in Schubrichtung (in Fig. 18 nach rechts, aus Sicht der Vorderseite der Biomasse-Heisanlage 1 nach links).

[0295] In dem Schubzustand befindet sich das Kurbelement 77 zwischen dessen Ausgangsposition und der später in Bezug auf Fig. 20 erläuterten Selbstlaufstartposition des Kurbelements 77. In Fig. 18 ist eine dieser möglichen Positionen beispielhaft durch die Punkt-Strich-Linie angegeben, welche sich von der Drehachse 773 des Kurbelements 77 nach unten erstreckt.

[0296] Die Führungszapfen 711 befinden sich in den Führungslöchern 742 in einem mittigen Bereich. Das Schubglied 74 befindet sich zwischen der maximal linken und maximal rechten Auslenkungsposition.

[0297] Dabei wird das Dämpfungselement 78 entspannt und kann zumindest während eines Teils dieses Zustands weiterhin an dem Anschlag für das Dämp-

fungselement 744 anliegen. In dem Dämpfungselement 78, vorliegend beispielhaft eine Spiralfeder, ist weiterhin ein optionaler Dämpfungselementgegenanschlag 782 vorgesehen, der die maximale Kompression des Dämpfungselements 78 begrenzt und die Bewegung des Schubglieds in Impulsrichtung beschränkt.

[0298] Über die beiden Hebel 921 und die Reinigungswellen 92 werden die Reinigungselemente im Schubzustand aufgrund der Drehung des Kurbelements 77 und der resultierenden Bewegung des Schubglieds 74 in Schubrichtung angehoben. In Fig. 19 wird diese Höhenänderung durch einen Vergleich einer beispielhaften Höhe H2 im Schubzustand mit der Höhe H1 im Ausgangszustand beispielhaft verdeutlicht.

[0299] Die Höhenänderung der Reinigungselemente erfolgt in diesem Zustand relativ gleichmäßig, falls die Antriebseinheit 72 mit einer gleichbleibenden Drehzahl betrieben wird. Dies ist grundsätzlich erwünscht, da dies den Verschleiß der Antriebseinheit 72 reduziert und auch die Komplexität der Ansteuerung der Antriebseinheit deutlich verringert.

[0300] Damit erhöht sich im Schubzustand die relative potentielle Energie der Reinigungselemente mit dem wachsenden Vorschub des Schubglieds 78 in Schubrichtung bzw. mit der Weiterdrehung des Kurbelements 77.

[0301] Der Sensor 75 erfasst in diesem Zustand, dass sich das Schubglied 74 nicht mehr im Ausgangszustand befindet. Somit ist eine positive Erfassung möglich, dass eine Abreinigung der Biomasse-Heisanlage stattfindet.

(Maximalhubzustand)

[0302] Die Figuren 20 und 21 zeigen die Reinigungseinrichtung 9 in einem Maximalhubzustand.

[0303] Das Schubglied 74 ist in Schubrichtung, d. h. von vorne betrachtet in Richtung der linken Seite der Biomasse-Heisanlage 1, zumindest weitgehend ausgelenkt.

[0304] In dem Maximalhubzustand ist zudem die größte Höhenauslenkung der Reinigungselemente erreicht, wie aus Fig. 21 mit der Höhe H3 im Vergleich zur Höhe H1 ersichtlich. Die relative potentielle Energie der Reinigungselemente ist maximal.

[0305] Die Antriebseinheit 72 hatte im Schubzustand das Schubglied bis zu einer maximalen Auslenkung in Schubrichtung bewegt, bis der Maximalhubzustand der Reinigungseinrichtung 9 erreicht wird (in Fig. 20 befindet sich das Schubglied maximal rechts, aus Sicht der Vorderseite der Biomasse-Heisanlage 1 maximal links).

[0306] Die Führungszapfen 711 befinden sich in den Führungslöchern 742 der Fig. 20 auf der linken Seite. Entsprechend sind die Hebel 922 nun im Vergleich zur Fig. 16 auf die jeweilig andere Seite ausgelenkt.

[0307] Das Dämpfungselement 78 ist expandiert und berührt das Schubglied 74 nicht mehr.

[0308] Es befindet sich das Kurbelement 77 in einer weiteren (zweiten) vorbestimmten Kurbeldrehposition (diese kann auch als Selbstlaufstartposition bezeichnet

werden), welche in Fig. 20 schematisch durch die Punkt-Strich-Linie angegeben ist, die sich von der Drehachse 773 des Kurbelements 77 nach rechts erstreckt.

[0309] In dem Maximalhubzustand und damit der vorbestimmten Kurbeldrehposition (Selbstlaufstartposition) des Kurbelements 77 drückt das Eigengewicht der Reinigungselemente die Hebel 94 (mit welchen die Reinigungselemente an den Reinigungsstellen 92 gelagert sind) nach unten, erzeugt somit Drehmomente der Reinigungsstellen 92, was wiederum als Kraft bzw. Moment an den distalen Enden der Hebel 921 an das Schubglied 74 weitergegeben wird.

[0310] Kurz gesagt drückt das Eigengewicht der Reinigungselemente das Schubglied 74 in Impulsrichtung, wobei diese Kraft über die Hebel der Reinigungsstelle 92 vermittelt wird.

[0311] Überschreitet nun das Kurbelement 77 die vorbestimmte Kurbeldrehposition im Maximalhubzustand (vgl. die Punkt-Strich-Linie in Fig. 20), so wird das Kurbelement 77 nicht mehr in entgegen der Drehrichtung DR gedrückt, sondern durch das Schubglied 74 in Drehrichtung DR bewegt. Dieser Wechsel ist aufgrund der Geometrie der Öffnung 741 und der Lage des Kurbelements 77 zu der Öffnung 741 definiert.

[0312] Da ein Freilauf 73 (bzw. eine Überholkupplung) vorgesehen ist, kann das Kurbelement 77 diesem Druck bzw. der ausgeübten Kraft nachgeben, und sich unabhängig von der Antriebseinheit in Drehrichtung DR weiterbewegen.

[0313] Folglich wird das Schubglied 74 im Schubzustand geschoben, bis es den Maximalhubzustand und die Selbstlaufstartposition des Kurbelements 77 erreicht. Danach schiebt das Schubglied 74 das Kurbelement 77 weiter in Drehrichtung DR. Damit ist der Fallzustand erreicht, welcher nachstehend beschrieben wird.

(Fallzustand)

[0314] Im Fallzustand, welcher in den Figuren 23 und 24 beschrieben ist, "fallen" die Reinigungselemente nach unten, da die Reinigungsstelle 92 und das Schubelement 74 dieser Abwärtsbewegung aufgrund des Freilaufs keinen Widerstand entgegensetzen. Wie in Fig. 23 aus einem Vergleich der Höhen H4 mit H3 zu sehen ist, nimmt die (vorliegend lediglich beispielhaft angegebene) Höhe ab.

[0315] Damit beginnt die Mechanik der Reinigungseinrichtung 9 bei Überschreiten der Selbstlaufstartposition des Kurbelements 77 von selbst zu laufen, d. h., diese bewegt sich im Fallzustand unabhängig von der Antriebseinheit 72.

[0316] In Fig. 22 ist durch die Punkt-Strich-Linie, die sich von der Drehachse 773 des Kurbelements 77 nach oben erstreckt, schematisch eine Drehposition des Kurbelements 77, angegeben. Dabei überstreicht das Kurbelement 77 im Fallzustand den Drehbereich von der Selbstlaufstartposition bzw. zweiten Kurbeldrehposition

(kurz: zweite Position) bis hin zur vorher beschriebenen Ausgangsposition bzw. ersten Position. Das Schubglied bewegt sich in Fig. 22 in Impulsrichtung, d. h., nach links.

[0317] Der Fallzustand beinhaltet einen relativ freien Fall der Reinigungselemente, welcher nur durch diverse Reibungseinflüsse (beispielsweise die Reibung der Reinigungsstelle 92 in deren Lagern oder die Reibung der Turbulatoren in den Kesselrohren 32) etwas gebremst wird. In Spiel kommt noch ein gewisses Trägheitsmoment des Schubglieds 32, welches jedoch ebenso geringfügig ist.

[0318] Folglich werden die Reinigungselemente im Fallzustand (nach Überschreiten der Selbstlaufstartposition) stark beschleunigt. Die zuvor gewonnene potentielle Energie der Reinigungselemente wird in kinetische Energie umgesetzt. Die Größe der Beschleunigung kann vorteilhaft mit dem Dämpfungselement 78, beispielsweise mit der Federkonstante einer Spiralfeder oder eines Öldruckzylinders, eingestellt werden, so wie das nach dem Eigengewicht der Reinigungselemente und der Kinetik der Mechanik der Reinigungseinrichtung anwendungsspezifisch erforderlich ist.

[0319] Der Beschleunigungsvorgang der Reinigungselemente und auch des Schubglieds 74 im Fallzustand verbessert die Abreinigungseffekte im Kessel 11 erheblich. Auch aufgrund der resultierenden erhöhten Geschwindigkeit sind die diversen mechanischen Abreinigungseffekte verbessert. Beispielsweise schlägt der Schlaghebel 96, welcher ebenso über die Reinigungsstellen 92 betätigt wird, schneller an die Sprühelektrode des Elektrofilters 45 an. Ebenso führt eine schnellere Bewegung der Turbulatoren im Wärmetauscher zu einem besseren Effekt des Aufbrechens von festeren Anbackungen oder Anhaftungen.

[0320] Am Ende des Fallzustands befindet sich das Schubglied 74 wieder zumindest weitgehend auf der linken Seite der Fig. 22, und die Reinigungselemente befinden sich wieder zumindest annähernd auf der Höhe H1 der Fig. 16 und 22.

[0321] Am Ende des Fallzustands kann des Weiteren das Schubglied 74 mit seinem Anschlag 744 auf den Dämpfungselementgegenanschlag 782 aufschlagen. Damit erfolgt ein Stoß in den Kessel 11 hinein, der Fall wird abgefangen.

[0322] Alternativ kann zur Beendigung des Fallzustands auch das Dämpfungselement 78 maximal komprimiert sein. Insofern ist ein Dämpfungselementgegenanschlag 782 nicht unbedingt erforderlich. Allerdings kann der Dämpfungselementgegenanschlag 782 dafür sorgen, dass ein Dämpfungselement 78 nicht über die Maße belastet und u.U. zu stark abgenutzt wird. Bei einer Spiralfeder könnte beispielsweise ohne einen Dämpfungselementgegenanschlag 782 eine Überstauchung der Spiralfeder mit resultierendem Federbruch erfolgen.

[0323] Bei dem Anschlagen des Schubglieds 74 und der resultierenden spontanen Abbremsung des Reinigungselements wird ein Stoß in der Mechanik der Reinigungseinrichtung 9 erzeugt, der mitunter heftig ausfal-

len kann.

[0324] Zur Verdeutlichung: Fällt beispielsweise ein Reinigungselement (beispielsweise die Turbulatoren) ungebremst um 10 cm herab, so weist das Reinigungselement beim Aufschlag des Anschlags 744 auf den Gegenanschlag 782 eine Endgeschwindigkeit von grob 1,4 m/s auf.

[0325] Geht man nun beispielsweise von einem Eigengewicht dieses Reinigungselements von 30 kg aus, dann hat das Reinigungselement am Ende des Fallens eine kinetische Energie von grob 29,4 Joule, welche als Einzelstoßenergie zu werten ist.

[0326] Damit erfährt die gesamte Mechanik der Reinigungseinrichtung 9 einen starken Stoß, der über die Anschläge zudem auch in den Kessel 11 abgegeben werden kann.

[0327] Die Reinigungseinrichtung 9 erzeugt durch das schnelle Abbremsen folglich einen Abrütteleffekt, den herkömmliche linear arbeitende Reinigungseinrichtungen nicht erzeugen.

[0328] Damit resultiert die vorstehend beschriebene Reinigungseinrichtung 9 zu einem verbesserten Abreinigungseffekt, da sich auch festere Anbackungen oder stärkere Anhaftungen von Verbrennungsrückständen im Kessel lösen können. Werden nun die Verbrennungsrückstände besser abgereinigt, so ist die Effizienz des Kessels 11 verbessert und es werden die Emissionen gesenkt.

[0329] Zudem wird durch das Dämpfungselement vorteilhaft die Lautstärke der Abreinigung gesenkt.

(Alternatives Schubglied)

[0330] Fig. 24 offenbart ein weiteres Schubglied 74 mit einer alternativen Formgebung der Öffnung 741. Das weitere Schubglied 74 ist in der gleichen Art und Weise in die Biomasse-Heisanlage 1 integriert, wie das Schubglied 74 der Figuren 13 bis 23. Auf die vorstehenden Erläuterungen wird deshalb verwiesen, welche auch mit dem Schubglied 74 der Fig. 24 realisiert werden können. Die einzelnen Zustände des Schubglieds 74 der Figuren 13 bis 23 entsprechen denjenigen der Fig. 14.

[0331] Das Kurbelement 771 befindet sich in der Fig. 24 in der Ausgangsposition.

[0332] Die Öffnung 741 weist auf der rechten Seite eine Stufe 745 auf. Diese Stufe 745 ist derart angeordnet, dass der Kurbelfortsatz 771 oder die Laufrolle 771 am Ende des Schubzustands (beim Maximalhubzustand) über die Stufe 745 bewegt wird, und es wird das Schubglied 74 ruckartig in Impulsrichtung bewegt. Damit wird eine noch stärkere Beschleunigung beim Übergang in den Fallzustand erzeugt, da das Schubglied 74 zu Beginn nicht gegen das Beharrungsvermögen des Freilaufs geschoben wird.

[0333] Zudem ist bei dem weiteren Schubglied der Fig. 24 kein Dämpfungselement vorhanden. Insofern erfolgt die Bewegung in Impulsrichtung ungebremst. Ein Anschlag am Ende des Fallzustands kann alternativ zu dem

Anschlag der Fig. 15 auf die Führungszapfen an den Enden der Führungslöcher erfolgen. Insofern kann auch hier ein definiertes Abbremsen am Ende des Falls erzeugt werden.

[0334] Es erfolgt mit dem Schubglied 74 der Fig. 24 vorteilhaft eine verstärkte doppelte Beschleunigung, einmal zu Beginn des Fallzustands und einmal am Ende, womit der Abrütteleffekt betreffend der Verunreinigungen nochmals verbessert wird. Allerdings gelangt auch das Schubglied 74 der Figuren 13 bis 23 recht schnell vom Maximalhubzustand in den Fallzustand, da ein Freilauf, insbesondere ein Kugellagerfreilauf, annähernd trägeheitsfrei realisiert werden kann.

[0335] Die Öffnung 741 ist vorliegend annähernd L-förmig vorgesehen. Alternative Formgebungen der Öffnung 741 sind aber auch denkbar.

[0336] Die Vorteile des weiteren Schubglieds der Fig. 24 entsprechen weiter denen des Schubglieds 74 der Figuren 13 bis 23.

(Modularisierung von Anlagen- und Kesselkomponenten)

[0337] Bevorzugt ist die Biomasse-Heisanlage 1 derart ausgestaltet, dass die komplette Antriebsmechanik im unteren Kesselbereich (u.a. Drehrostmechanik inkl. Drehrost, Wärmetauscherreinigungsmechanik, Antriebsmechanik für Schubboden, Mechanik für Filtereinrichtung, Reinigungskorb und Antriebswellen und Ascheaustragungsschnecke) im "Schubladeprinzip" schnell und effizient entnommen und wieder eingesetzt werden kann. Dies erleichtert Wartungsarbeiten.

(Weitere Ausführungsformen)

[0338] 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.

[0339] Obschon zwei Führungslöcher 742 mit zwei Führungszapfen 711 vorgesehen sind, so kann beispielsweise auch nur ein Führungslöcher 742 mit zwei Führungszapfen 711 vorgesehen sein. Oder aber können auch drei Führungslöcher 742 mit drei Führungszapfen vorgesehen sein. Insofern ist die Anzahl der Führungslöcher nicht auf zwei beschränkt. Das Gleiche gilt für die Zapfenlöcher 743.

[0340] Obschon zwei Reinigungswellen 92 mit zwei Hebeln 921 offenbart sind, kann auch eine unterschiedliche Anzahl von Reinigungswellen 92 und Hebel 921 vorhanden sein, beispielsweise eine oder drei.

[0341] Obschon beispielhaft mehrere Reinigungselemente offenbart sind, reicht es auch aus, dass nur ein einzelnes Reinigungselement vorgesehen ist.

[0342] Weiter können anstatt von nur drei Drehrostelementen 252, 253 und 254 auch zwei, vier oder mehr

Drehrostelemente vorgesehen sein. Bei beispielsweise fünf Drehrostelementen könnten diese mit der gleichen Symmetrie und Funktionalität angeordnet sein, wie bei den vorgestellten drei Drehrostelementen. Zudem können die Drehrostelemente auch unterschiedlich zueinander geformt oder ausgebildet sein. Mehr Drehrostelemente haben den Vorteil, dass die Brecherfunktion verstärkt wird.

[0343] Zu den angegebenen Maßen ist anzumerken, dass auch abweichend von diesen andere Maße bzw. Maßkombinationen vorgesehen werden können.

[0344] 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.

[0345] Obschon beispielsweise 10 (zehn) Sekundärluftdüsen 291 offenbart sind, kann (je nach Dimensionierung der Biomasse-Heizanlage) auch eine andere Anzahl von Sekundärluftdüsen 291 vorgesehen sein.

[0346] Die Rotationsströmung bzw. Wirbelströmung in der Brennkammer 24 kann rechtsdrehend oder linksdrehend vorgesehen sein.

[0347] Die Brennkammerdecke 204 kann auch abschnittsweise, beispielsweise stufenförmig, geneigt vorgesehen sein.

[0348] Die Sekundärluftdüsen 291 sind nicht auf rein zylindrische Bohrungen in den Brennkammersteinen 291 beschränkt. Diese können auch als kegelstumpfförmige Öffnungen oder taillierte Öffnungen ausgebildet sein.

[0349] Die Sekundär(re)zirkulation kann auch nur mit Sekundärluft bzw. Frischluft beströmt werden, und insofern nicht das Rauchgas rezirkulieren, sondern lediglich Frischluft zuführen.

[0350] Die in Bezug auf die beispielhaften Ausführungsformen angegebenen Maße und Anzahlen sind lediglich beispielhaft zu verstehen. Diese vorliegend offenbarte technische Lehre ist nicht auf diese Maße beschränkt und kann beispielsweise bei Abwandlung der Dimensionierung des Kessels 11 (kW) abgewandelt werden.

[0351] Als Brennstoffe der Biomasse-Heizanlage können auch andere Brennstoffe als Hackgut oder Pellets verwendet werden.

[0352] Die vorliegend offenbarte Biomasse-Heizanlage kann auch ausschließlich mit einer Art eines Brennstoffs befeuert werden, beispielsweise nur mit Pellets.

[0353] 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.

(Bezugszeichenliste)

[0354]

5	1	Biomasse-Heizanlage
	11	Kessel
	12	Kesselfuß
	13	Kesselgehäuse
	14	Wasserzirkulationseinrichtung
10	2	Brenneinrichtung
	21	erste Wartungsöffnung für Brenneinrichtung
	22	Drehmechanikhalterung
	23	Drehmechanik
15	24	Brennkammer
	25	Drehrost
	26	Primärverbrennungszone der Brennkammer
	27	Sekundärverbrennungszone bzw. Strahlungsteil der Brennkammer
20	28	Brennstoffbett
	29	Brennkammersteine
	A1	erste Horizontalschnittlinie
	A2	erste Vertikalschnittlinie und vertikale Mittenachse der ovalen Brennkammer 24
25	201	Zündeinrichtung
	202	Brennkammerschräge
	203	Brennkammerdüse
	204	Brennkammerdecke
30	231	Antrieb bzw. Motor(en) der Drehmechanik
	251	Bodenplatte des Drehrosts
	252	Erstes Drehrostelement
	253	Zweites Drehrostelement
35	254	Drittes Drehrostelement
	255	Übergangselement
	256	Öffnungen
	257	Rostlippen
	258	Verbrennungsfläche
40	260	Auflageflächen der Brennkammersteine
	261	Nut
	262	Vorsprung
	263	Ring
45	264	Halterungssteine
	265	Schräge der Halterungssteine
	3	Wärmetauscher
	31	Wartungsöffnung für Wärmetauscher
50	32	Kesselrohre
	33	Kesselrohreintritt
	34	Wendekammereintritt
	35	Wendekammer
	36	Federturbulator
55	37	Band- oder Spiralturbulator
	38	Wärmetauschmedium
	4	Filtereinrichtung

41 Abgasausgang
 42 Elektrodenversorgungsleitung
 43 Elektrodenhalterung
 44 Filtereintritt
 45 Elektrode
 46 Elektrodenisolation
 47 Filteraustritt
 48 Käfig
 5 Rezirkulationseinrichtung
 51, 54 Rezirkulationskanal / Rezirkulationskanäle
 52 Klappen
 53 Rezirkulationseintritt

6 Brennstoffzufuhr
 61 Zellradschleuse
 62 Achse der Brennstoffzufuhr
 63 Übersetzungsmechanik
 64 Brennstoffzufuhrkanal
 65 Brennstoffzufuhröffnung
 66 Antriebsmotor
 67 Brennstoff-Förderschnecke

7 Ascheabfuhr
 71 Ascheaustragungsschnecke
 72 Antriebseinheit
 73 Freilauf
 74 Schubglied
 75 Sensor
 76 Gestell
 77 Kurbelement
 78 Dämpfungselement
 79 Aschebehälter

81 Lagerachsen
 82 Drehachse
 83 Brennstoff-Niveauklappe

96 Schlaghebel
 831 Hauptfläche
 832 Mittenachse
 835 Oberflächenparallele

84 Lagerkerbe
 85 Sensorflansch
 86 Glutbetthöhenmessmechanik

9 Reinigungseinrichtung
 91 Reinigungsantrieb
 92 Reinigungswellen
 93 Wellenhalterung
 94 Fortsatz
 95 Turbulatorhalterungen
 951 Drehlageraufnahme
 952 Fortsätze
 953 Durchlässe
 954 Ausnehmungen
 955 Drehlagergestänge
 96 zweiarmiger Schlaghebel

97 Anschlagkopf
 204 Brennkammerdecke
 5 211 Dämmmaterial, beispielsweise Vermiculite
 291 Sekundärluft bzw. Rezirkulationsdüsen
 E Einschubrichtung des Brennstoffs
 10 331 Isolation am Kesselrohreintritt
 481 Käfighalterung
 711 Führungszapfen u. U. Achse der Reinigungswellen 92
 15 721 Achse
 722 Anschlusseinheit
 723 Getriebe und/oder Freilauf
 20 741 Öffnung des Schubglieds
 742 Führungsloch
 743 Hebelzapfenloch
 744 Anschlag für das Dämpfungselement
 745 Stufe
 25 771 Kurbelfortsatz
 772 Laufrolle
 773 Drehachse des Kurbelements
 774 vorbestimmte Kurbeldrehposition
 30 781 Dämpfungselementfixierung
 782 Dämpfungselementgegenanschlag
 S Hebelwinkel
 RH (Wirkungs-) Radius des Hebels
 35 DR Drehrichtung
 HR Richtungen der Hin- und Herbewegung
 SB Schlitzbreite
 FL Führungslochlänge
 FG Gewichtskraft auf das Schubglied
 40 SB Schubgliedöffnungsbreite
 LB Schubgliedöffnungslänge
 921 Hebel
 922 Hebelzapfen
 DE distales Ende des Hebels
 45 H1 Höhe im Ruhezustand
 H2 weitere Höhe im Schubzustand
 H3 weitere Höhe beim Übergang in den Fallzustand
 H4 weitere Höhe im Fallen

Patentansprüche

1. Biomasse-Heisanlage (1) zur Verfeuerung von Brennstoff in Form von Pellets und/oder Hackgut, aufweisend:

einen Kessel (11) mit einer Brenneinrichtung (2),

einen Wärmetauscher (3) mit einer Mehrzahl von Kesselrohren (32),
eine Reinigungseinrichtung (9), welche das Folgende aufweist:

eine Antriebseinheit (72) zum Antrieb der Reinigungseinrichtung (9),
ein Kurbelement (77), das über einen Freilauf (73) mit der Antriebseinheit (72) gekoppelt ist, wobei die Antriebseinheit das Kurbelement in einer Drehrichtung (DR) antreiben kann,
ein Schubglied (74), das hin- und her bewegbar vorgesehen ist und das mit dem Kurbelement (77) gekoppelt ist;
zumindest eine Reinigungswelle (92), die mit dem Schubglied (74) wirkverbunden gekoppelt ist,
zumindest ein Reinigungselement (36, 37, 48, 96), das mit der Reinigungswelle (92) wirkverbunden angeordnet ist;

wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass
das Schubglied (74) bei Drehung des Kurbelements in Drehrichtung (DR) durch die Antriebseinheit in einer Schubrichtung verschoben wird; und
das Schubglied (74), nach dem Überschreiten einer vorbestimmten Kurbeldrehposition des Kurbelements (77), in einer Impulsrichtung, die der Schubrichtung entgegengesetzt ist, verschoben wird.

2. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß Anspruch 1, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds (74) in Impulsrichtung nicht durch die Antriebseinheit (72) erfolgt.
3. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds (74) in Impulsrichtung durch ein Drehmoment der Reinigungswelle (92) bewirkt wird.
4. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine Reinigungselement (36, 37, 48, 96) bis zum Erreichen der vorbestimmten Kurbeldrehposition durch die Drehung des Kurbelements angehoben wird, und das zumindest eine Reinigungselement (36, 37, 48, 96) nach dem Überschreiten der vorbestimmten Kurbeldrehposition aufgrund des Eigengewichts des zumindest einen Reinigungselements beschleunigt oder schlagartig herabfällt.

5. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds (74) in Schubrichtung zumindest annähernd gleichförmig erfolgt.
6. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass die Bewegung des Schubglieds (74) in Impulsrichtung beschleunigt erfolgt.
7. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das Schubglied (74) eine Öffnung (741) für einen Kurbelfortsatz (771) des Kurbelements (77) aufweist.
8. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das Schubglied (74) zur beweglichen Führung des Schubglieds (74) zumindest ein längliches Führungsloch (742) zur Aufnahme zumindest eines Führungszapfens (711) aufweist.
9. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das Schubglied (74) geradlinig hin- und her bewegbar angeordnet ist.
10. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine Reinigungswelle (92) einen Hebel (921) mit einem Hebelzapfen (922) an einem bezüglich der Reinigungswelle (92) distalen Ende (DE) des Hebels aufweist; und das Schubglied (74) zumindest ein längliches Hebelzapfenloch (743) zur beweglichen Aufnahme des Hebelzapfens (743) aufweist.
11. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine Reinigungselement (36, 37, 48, 96) zumindest einen Turbulator (36, 37), vorzugsweise einen Spiralturbulator (36) und/oder einen Bandturbulator (37), ist, der bzw. die in zumindest einem Kesselrohr (32) des Wärmetauschers (3) vorgesehen ist oder sind.
12. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Reinigungseinrichtung (9) derart eingerichtet ist, dass der Freilauf (73) das Drehmoment des Motors (72) in Drehrichtung (DR) des Kurbelements (77) überträgt; und der Freilauf bei Überschreiten der vorbestimmten Kurbeldrehposition des Kurbelements (77) eine

Weiterdrehung des Kurbelements (77) in Drehrichtung (DR) freigibt.

13. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das Schubglied (74) einen Anschlag (744) als Endanschlag für die Bewegung in Impulsrichtung aufweist. 5
14. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei eine Öffnung (741) des Schubglieds (74) zur Aufnahme einer Laufrolle (772) des Kurbelfortsatzes (771) vorgesehen ist. 10
15. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Öffnung (741) des Schubglieds (74) eine Stufe (745) aufweist, die durch die Laufrolle (772) bei Erreichen der vorbestimmten Kurbeldrehposition überschritten wird. 15 20
16. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, weiter aufweisend: ein Dämpfungselement (78), vorzugsweise eine Feder, welches derart angeordnet ist, dass das Dämpfungselement (78) die Bewegung des Schubglieds (74) in Schubrichtung dämpft. 25
17. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei: eine Kontraktions- und Expansionsrichtung des Dämpfungselements (78) zumindest annähernd parallel zur Richtung der Hin- und Herbewegung des Dämpfungselements (78) vorgesehen ist. 30 35
18. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei das Schubglied (74) plattenförmig vorgesehen ist, und/oder wobei ein Ende der zumindest einen Reinigungswelle (92) als Führungszapfen (711) zur Aufnahme in längliches Führungsloch (742) dient. 40
19. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, weiterhin aufweisend: 45
 - eine elektrostatische Filtereinrichtung (4) mit einer Sprühelektrode und einem Reinigungskäfig als Gegenelektrode, wobei
 - das Reinigungselement ein Schlaghebel (96) 50
 - ist; und wobei
 - der Schlaghebel mit der Reinigungswelle (92) wirkverbunden ist und derart angeordnet sind, dass der Schlaghebel bei der ruckartigen Drehung der Reinigungswelle (92) an die Sprühelektrode zur Reinigung anschlägt. 55
20. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der voraus-

gehenden Ansprüche, wobei ein Sensor (75), beispielsweise ein induktiver Positionsschalter, zur Erfassung der Position oder der Endstellung des Schubglieds (74) vorgesehen ist.

21. Biomasse-Heizanlage (1) gemäß einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei eine Ascheaustragungsschnecke (71) der Biomasse-Heizanlage (1) ebenso durch die Antriebseinheit (72) angetrieben wird.

Fig. 1

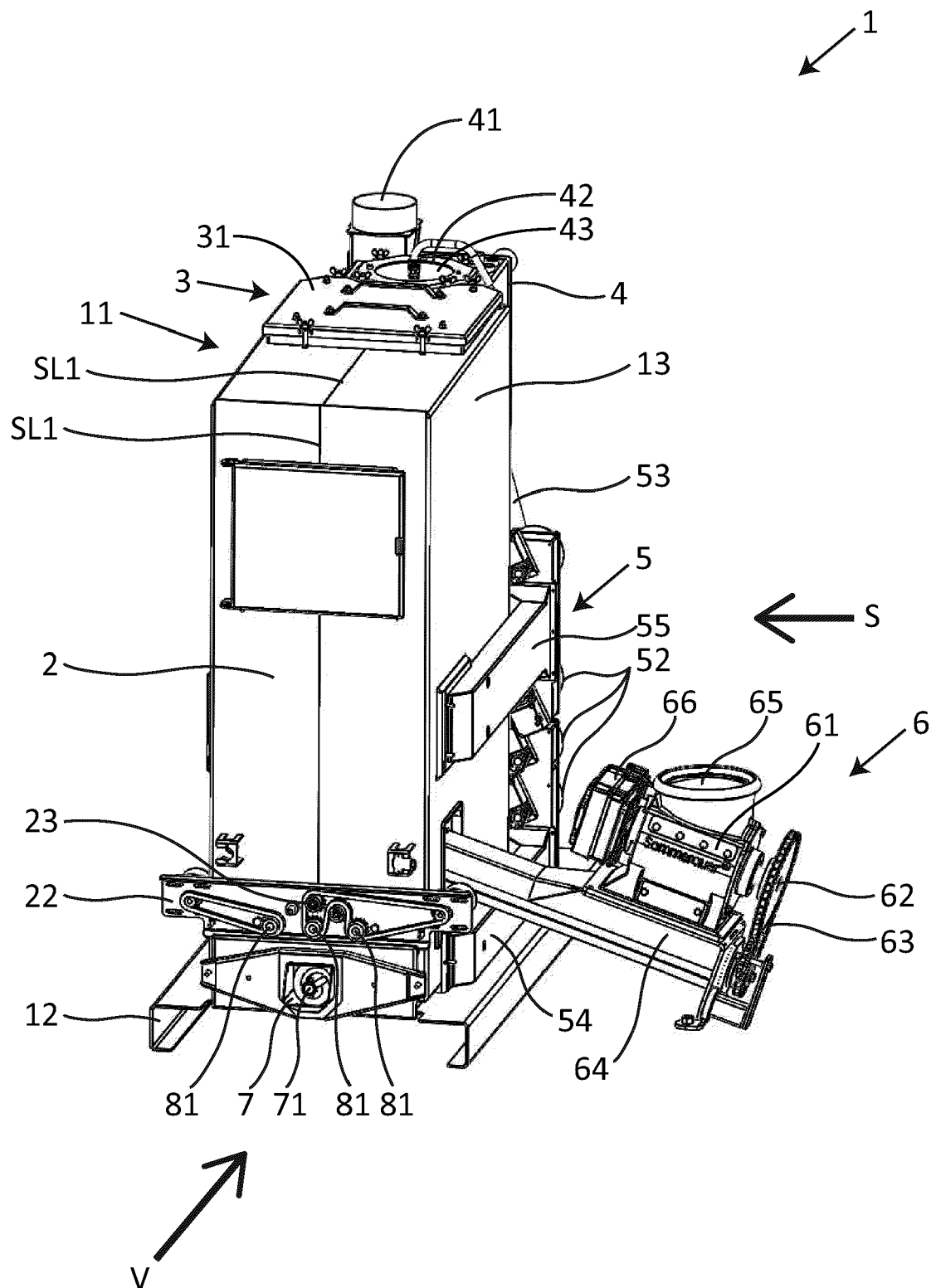


Fig. 2

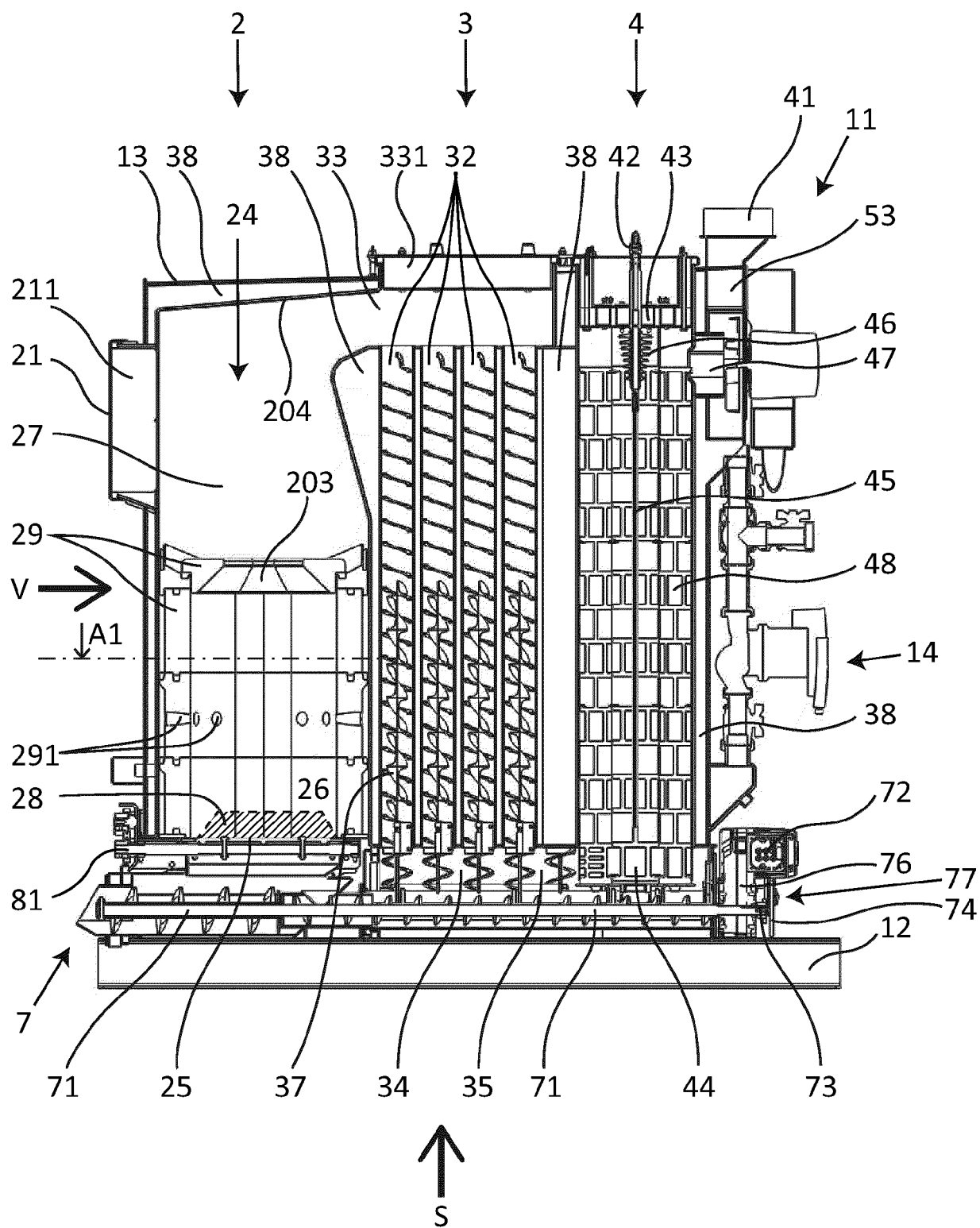


Fig. 3

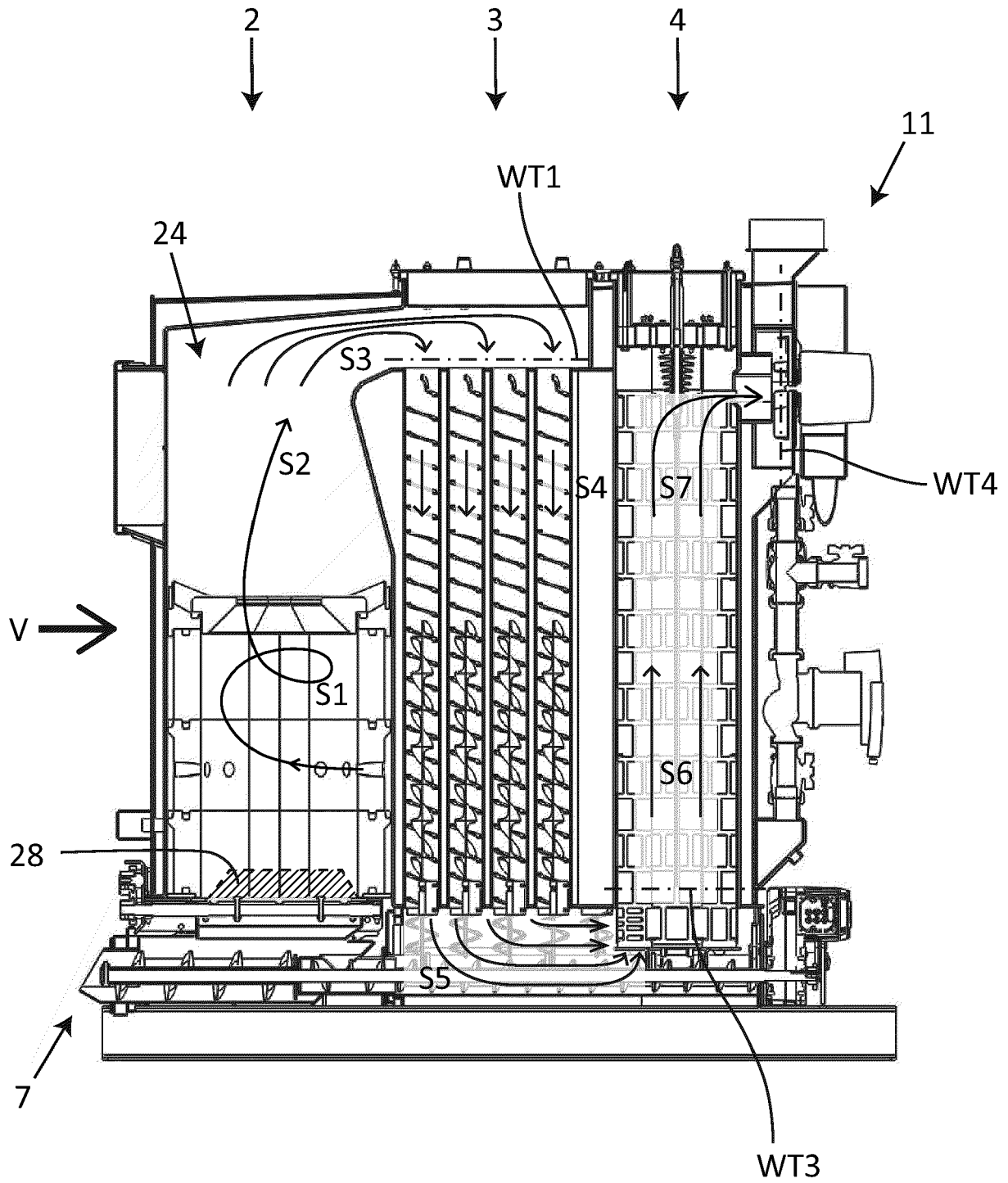


Fig. 4

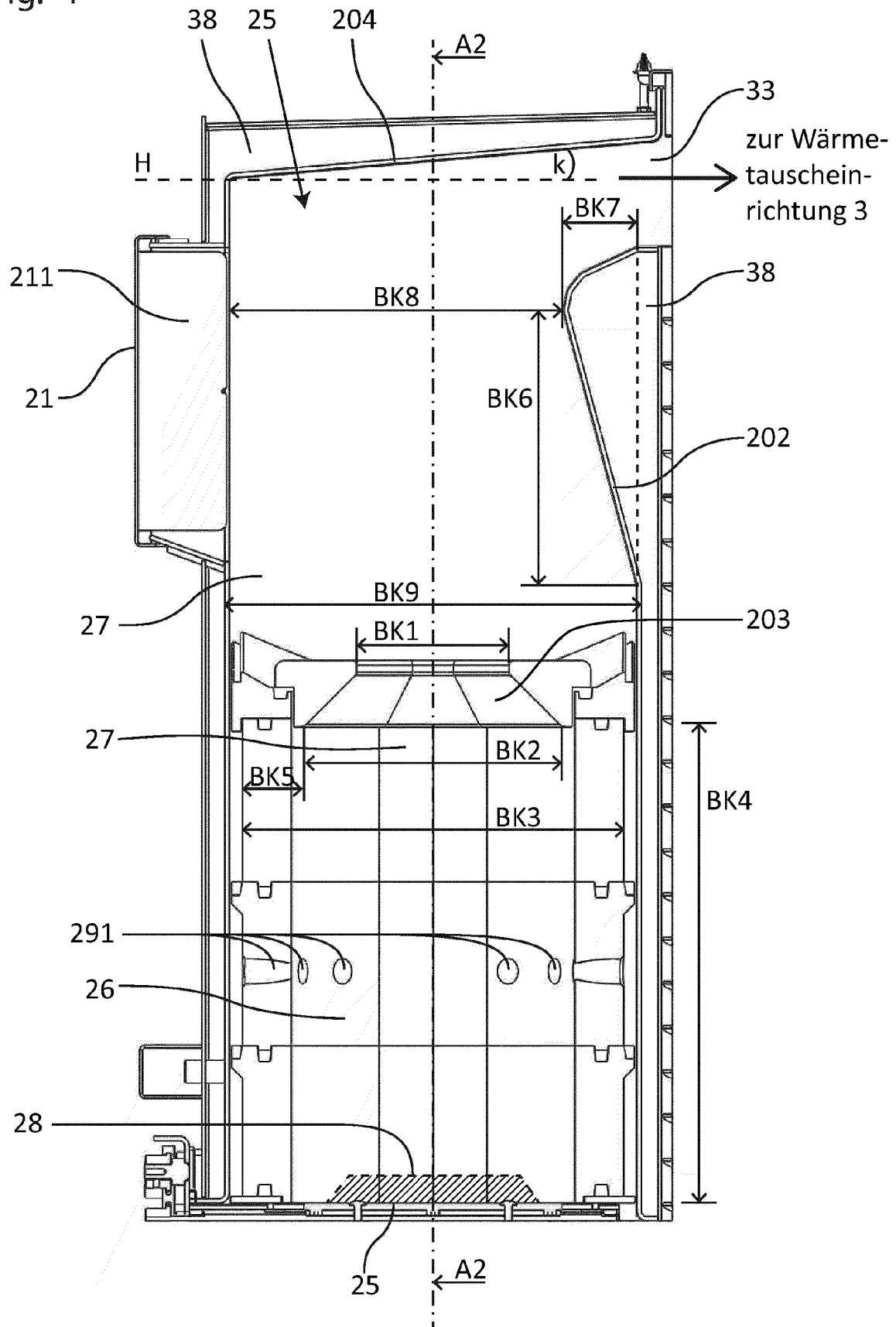


Fig. 5

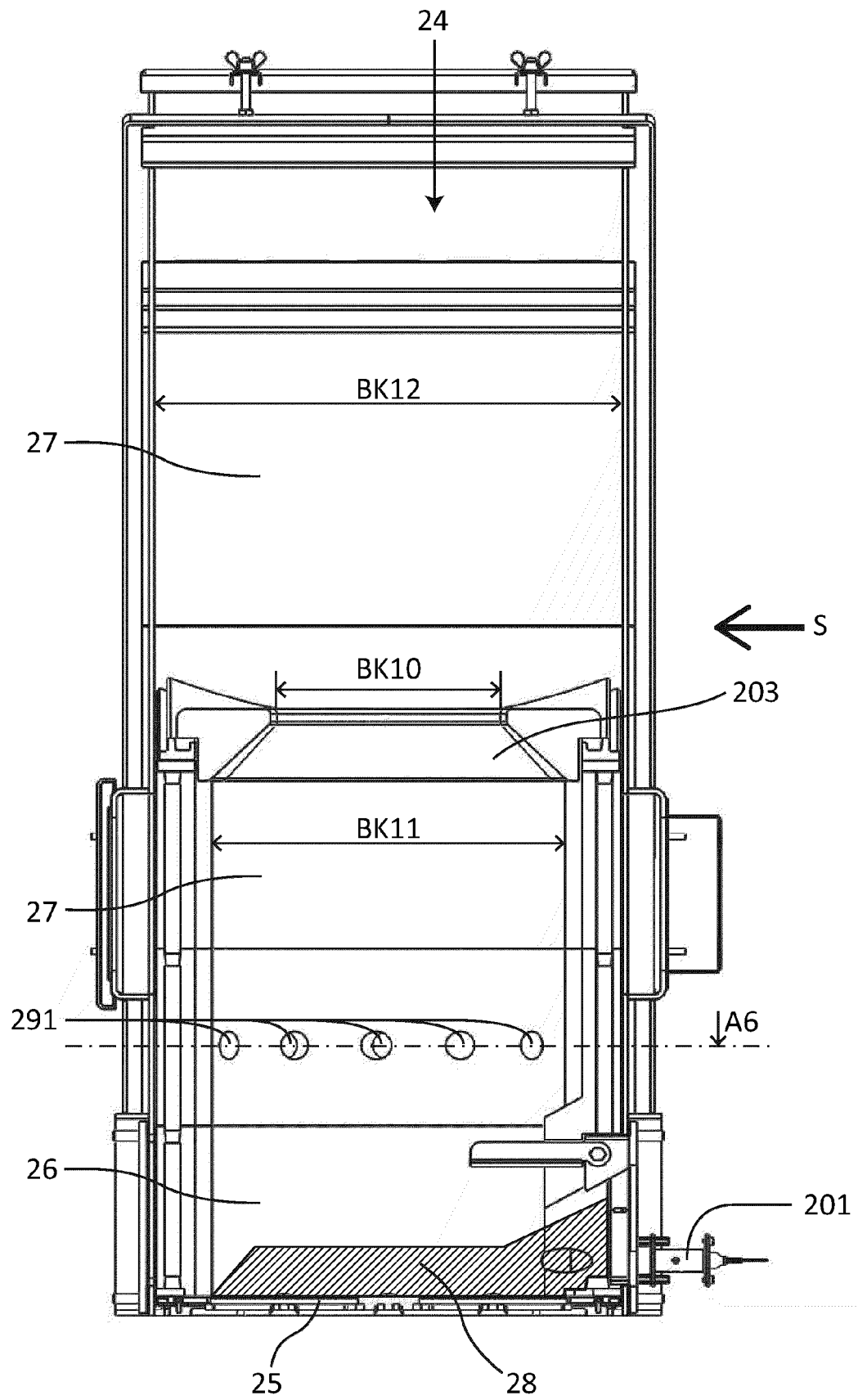


Fig. 6

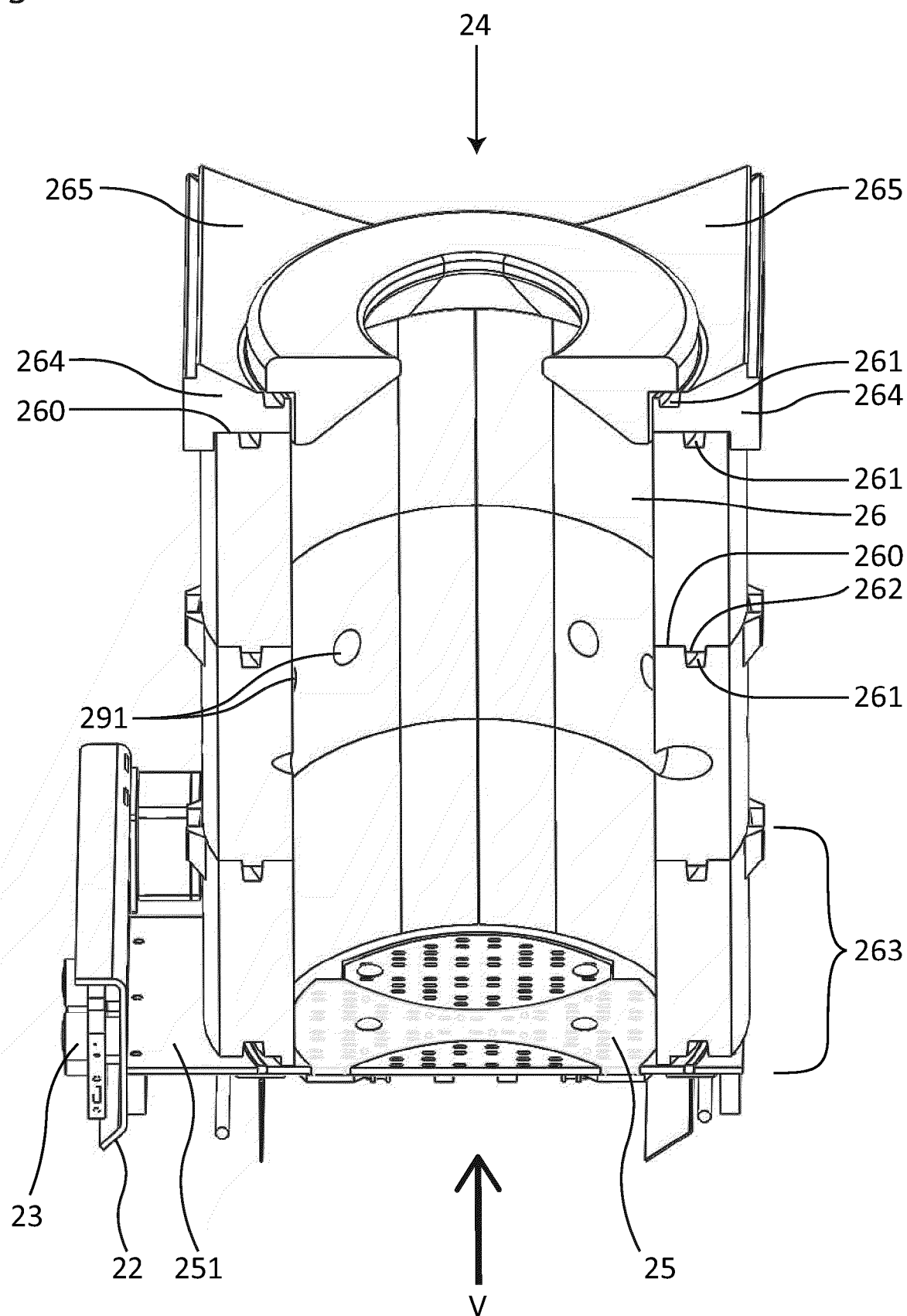


Fig. 7

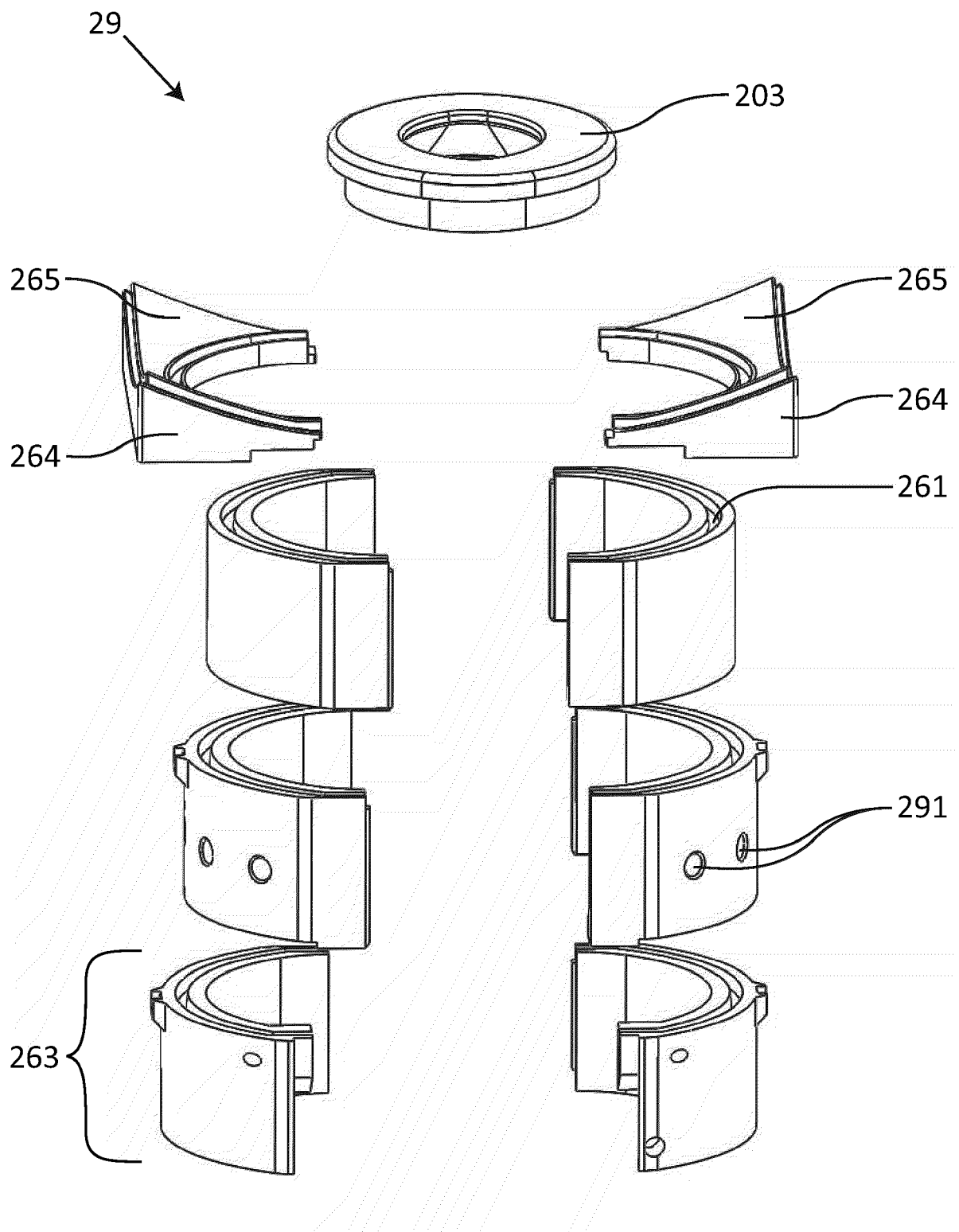


Fig. 8

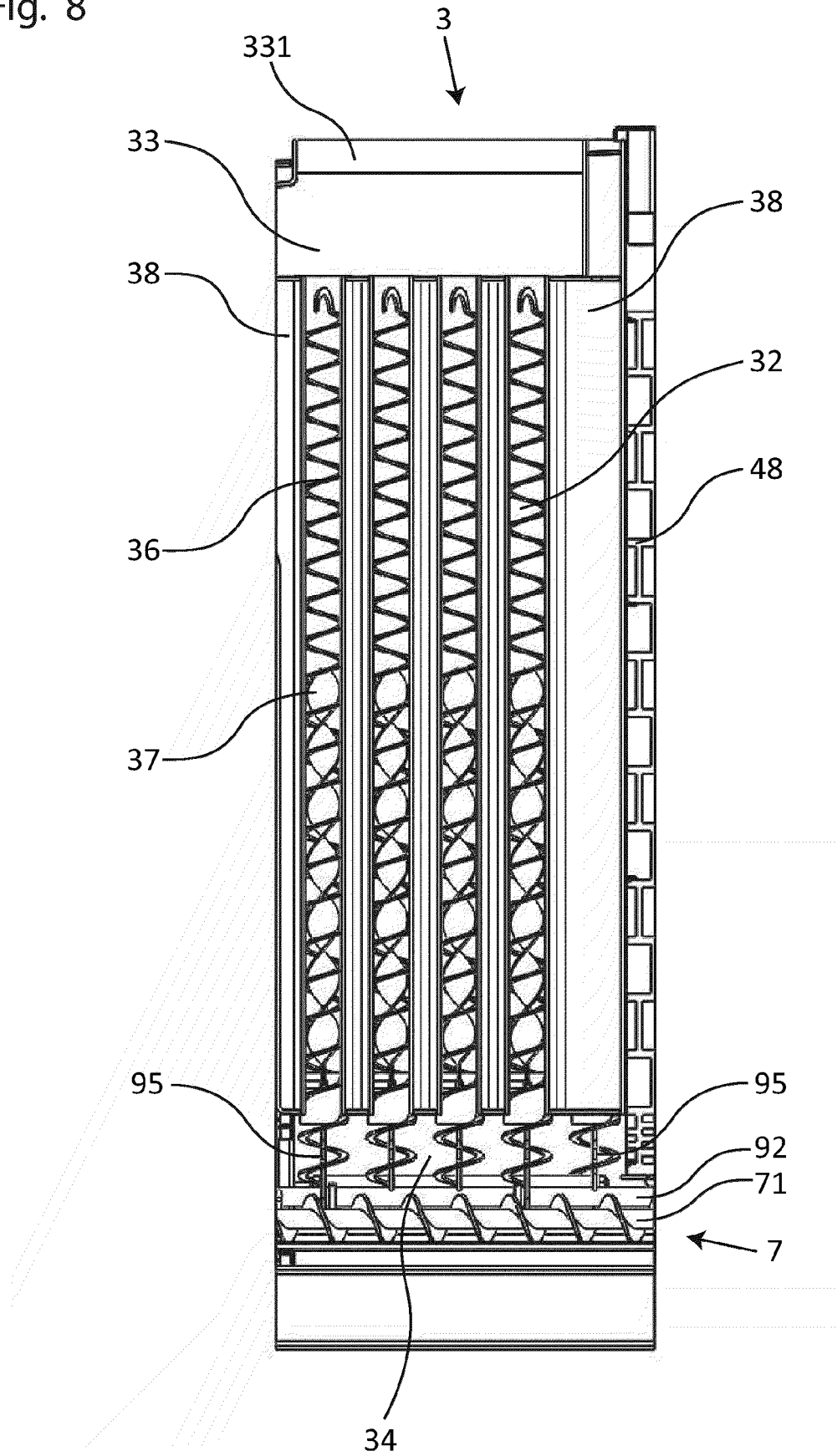


Fig. 9

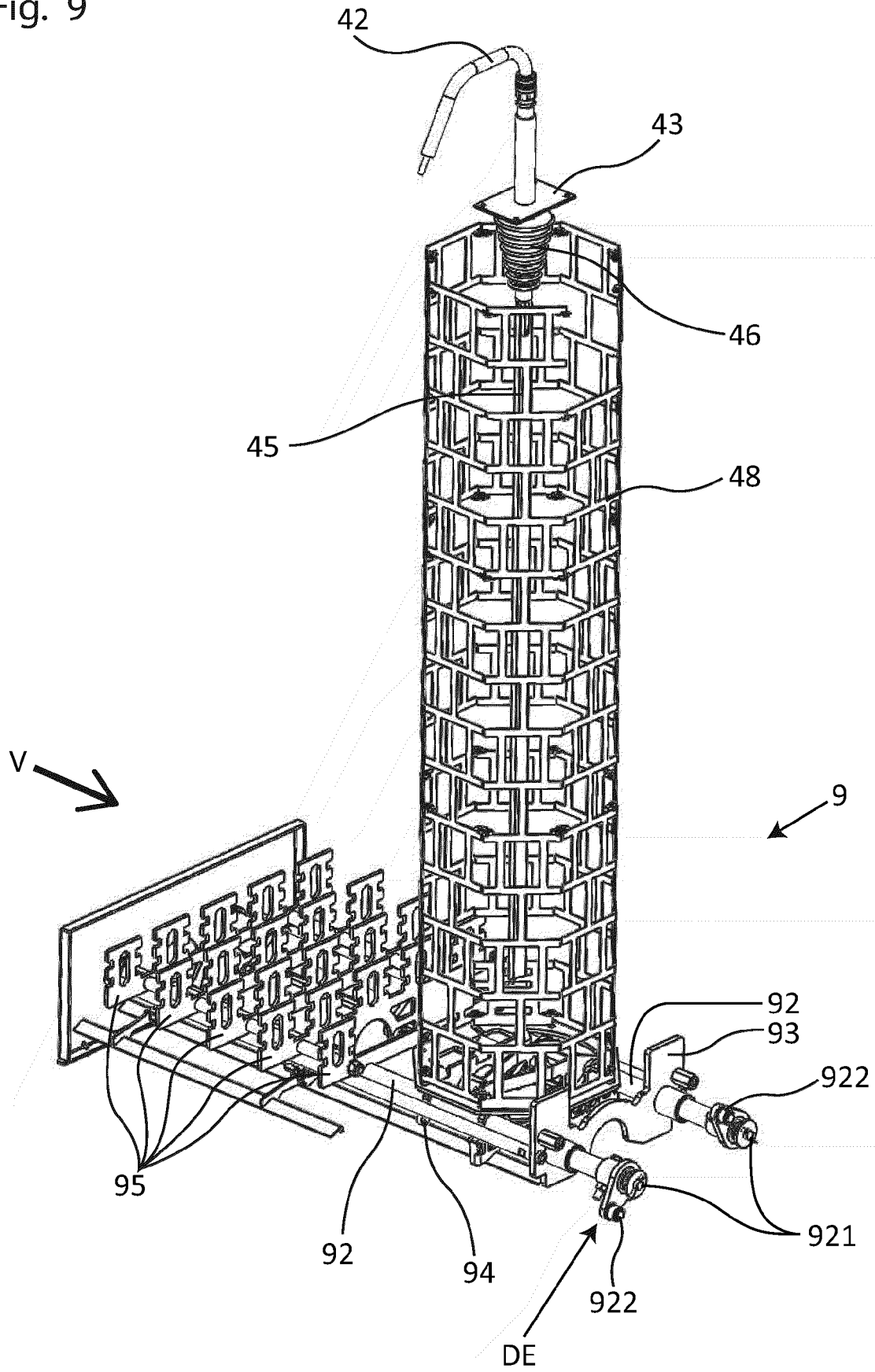


Fig. 10

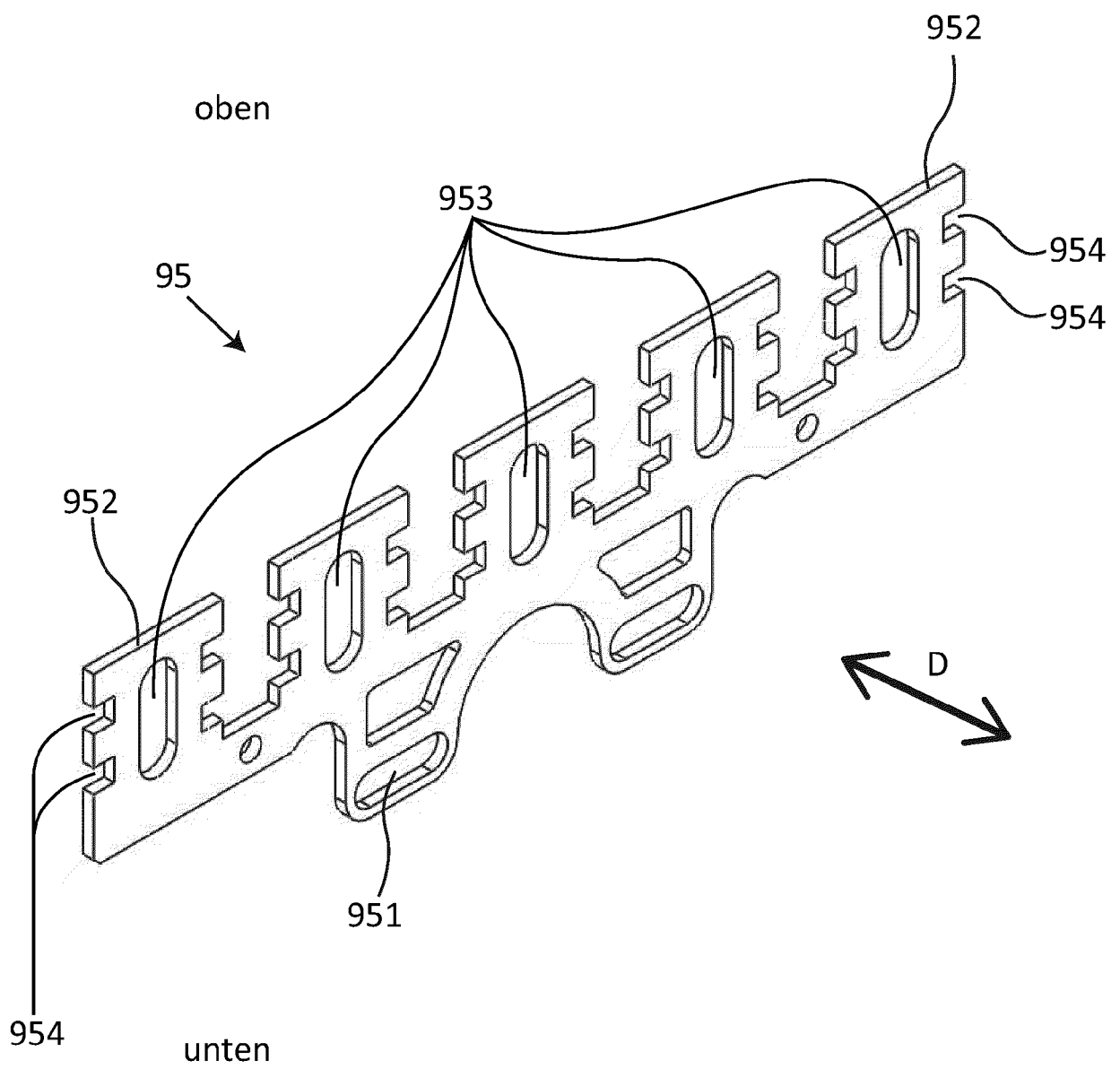


Fig. 11

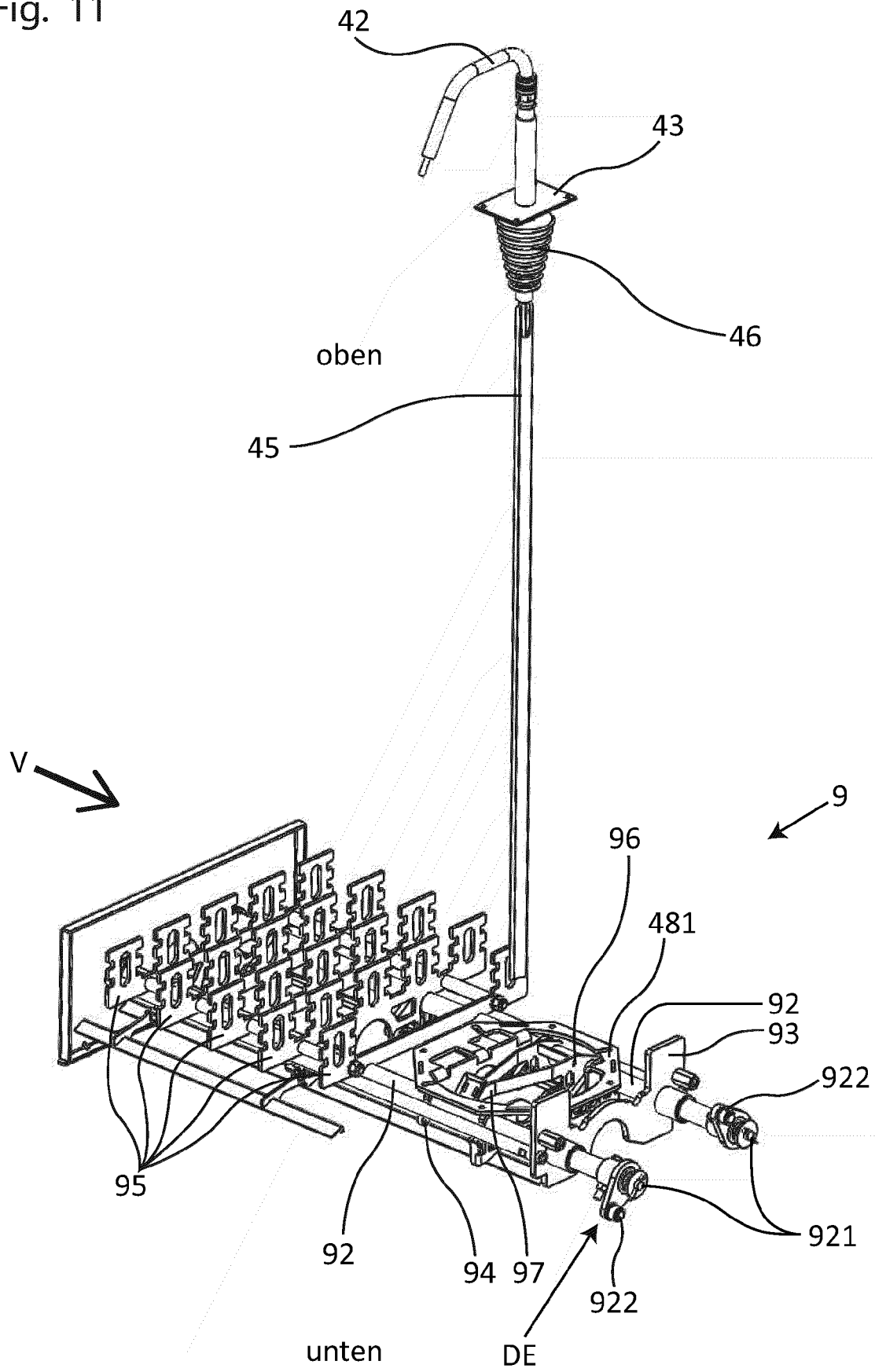


Fig. 12

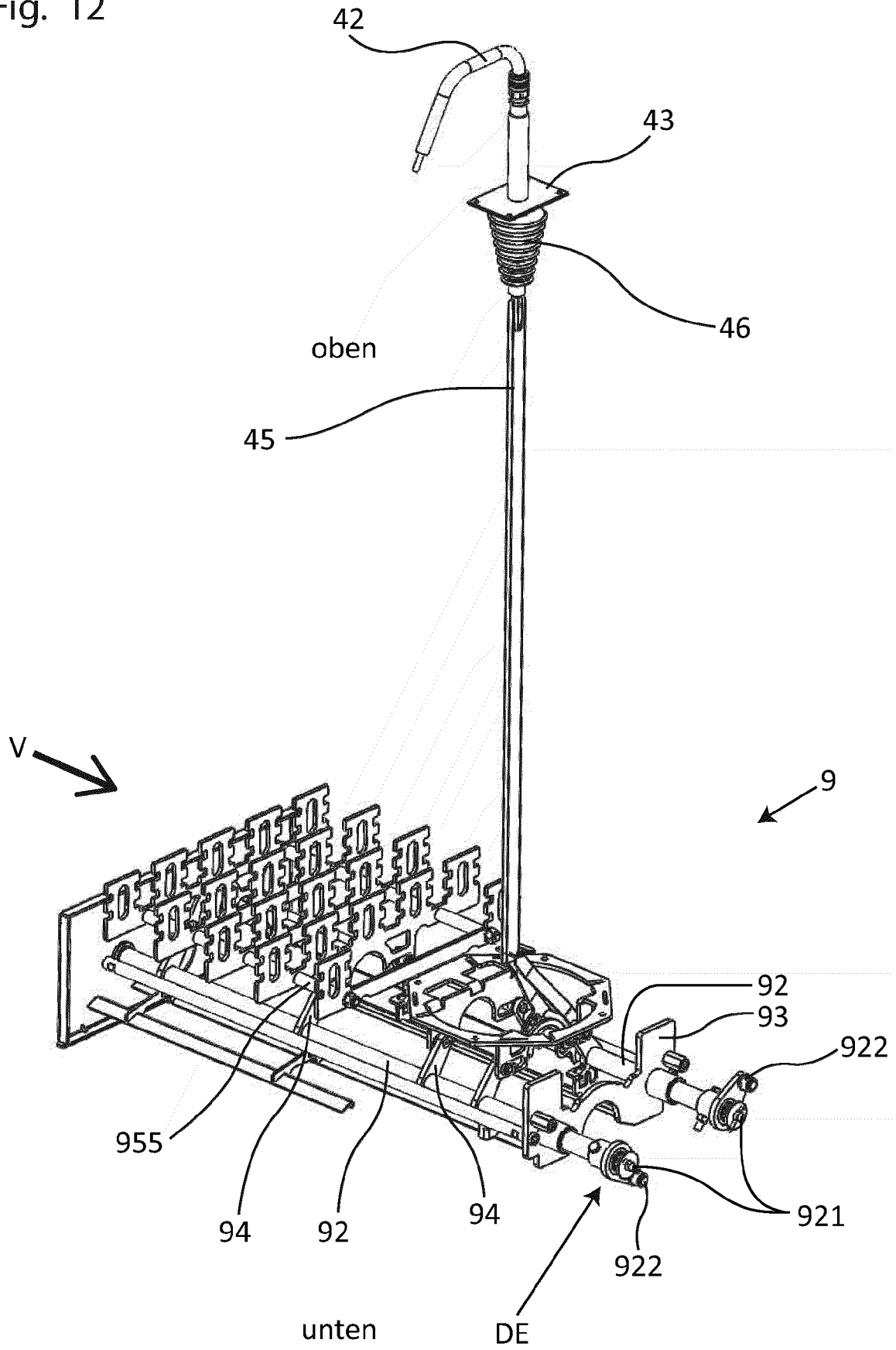


Fig. 13

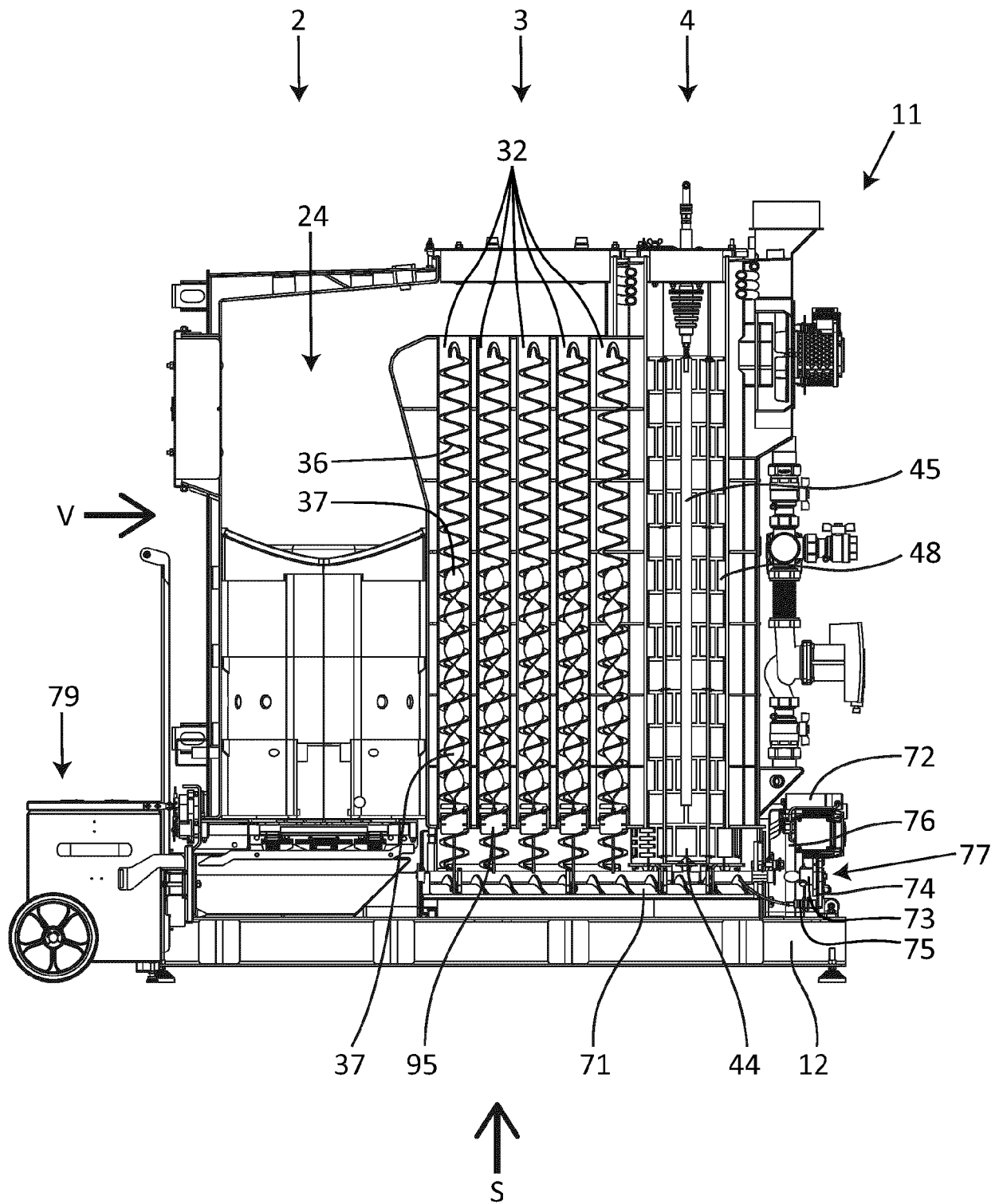


Fig. 14

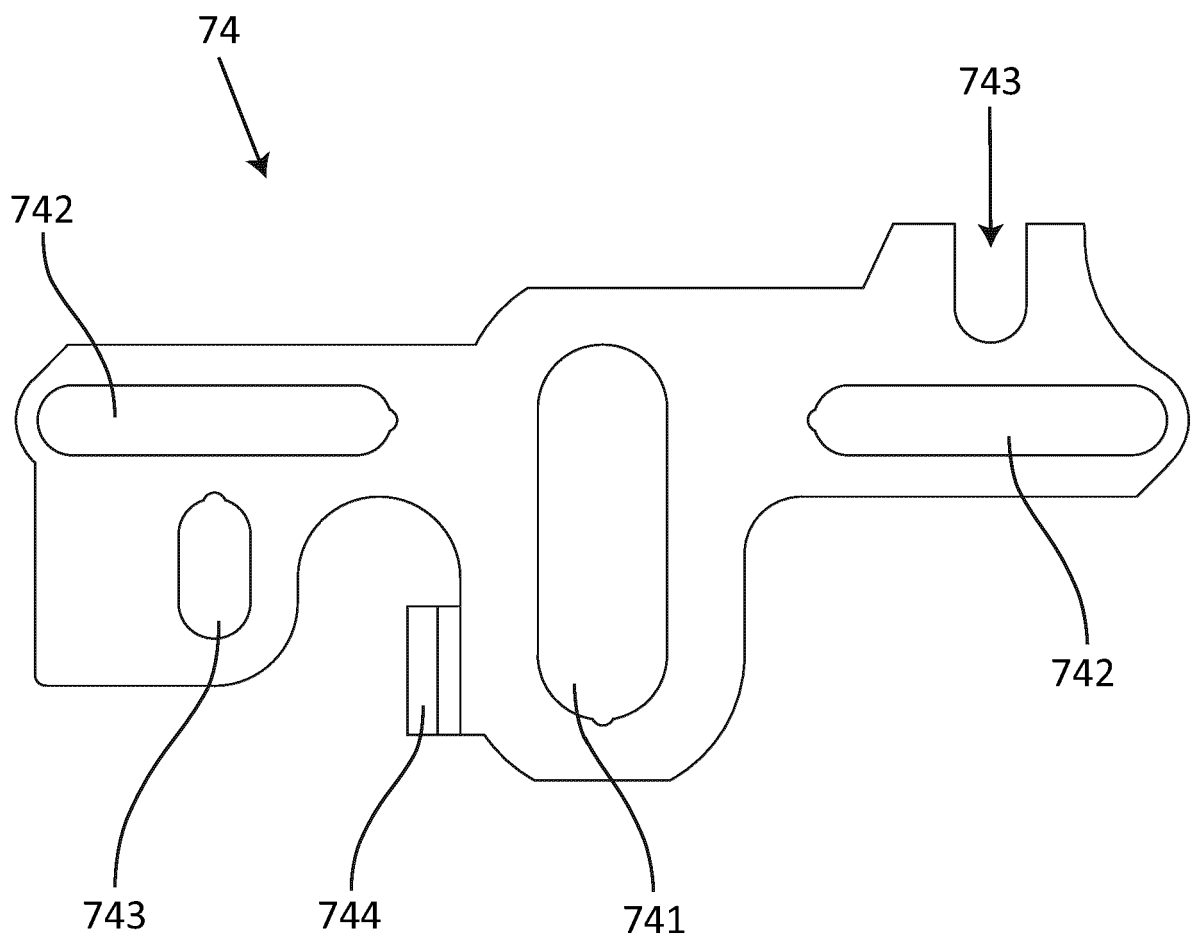


Fig. 15

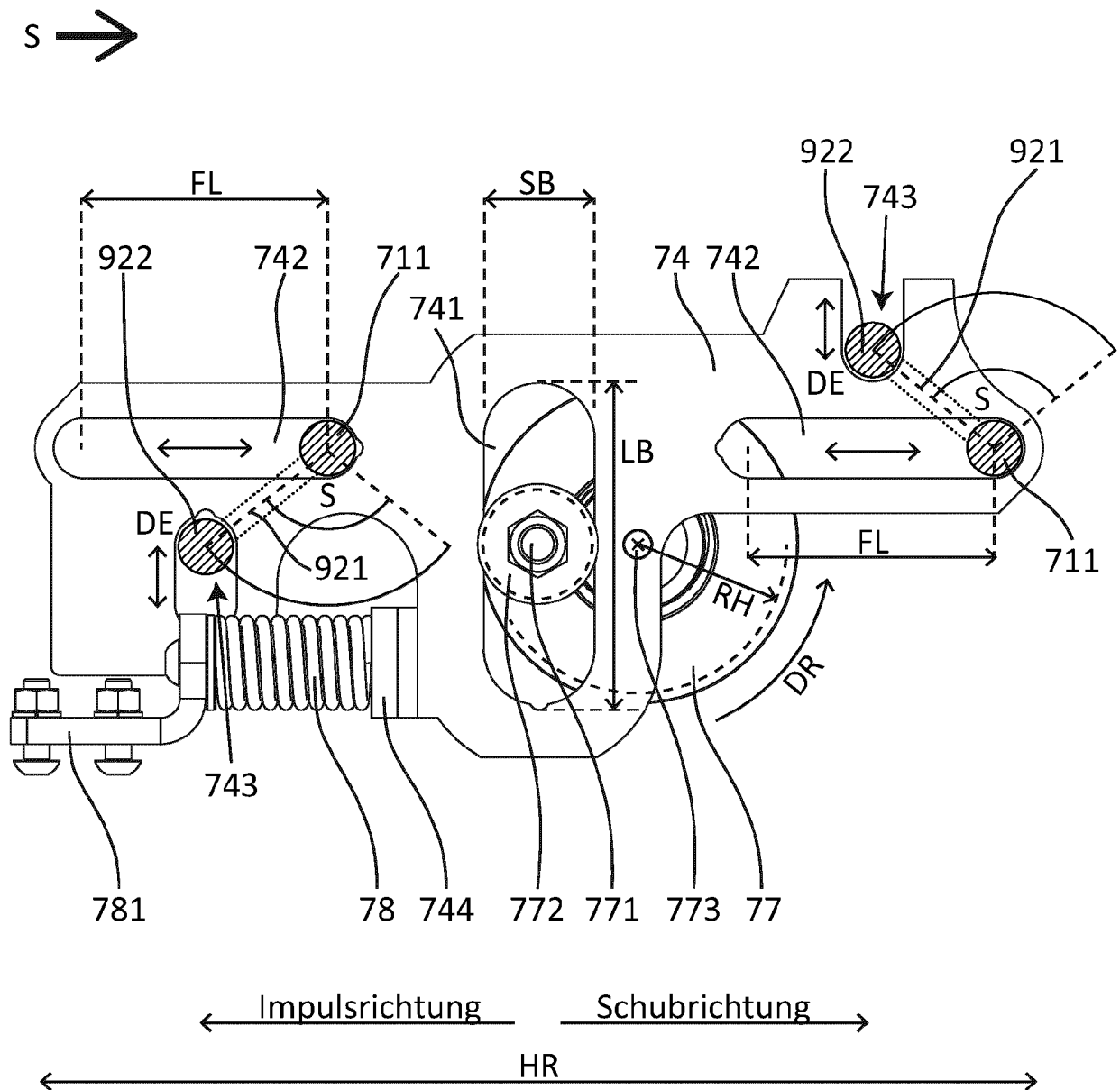
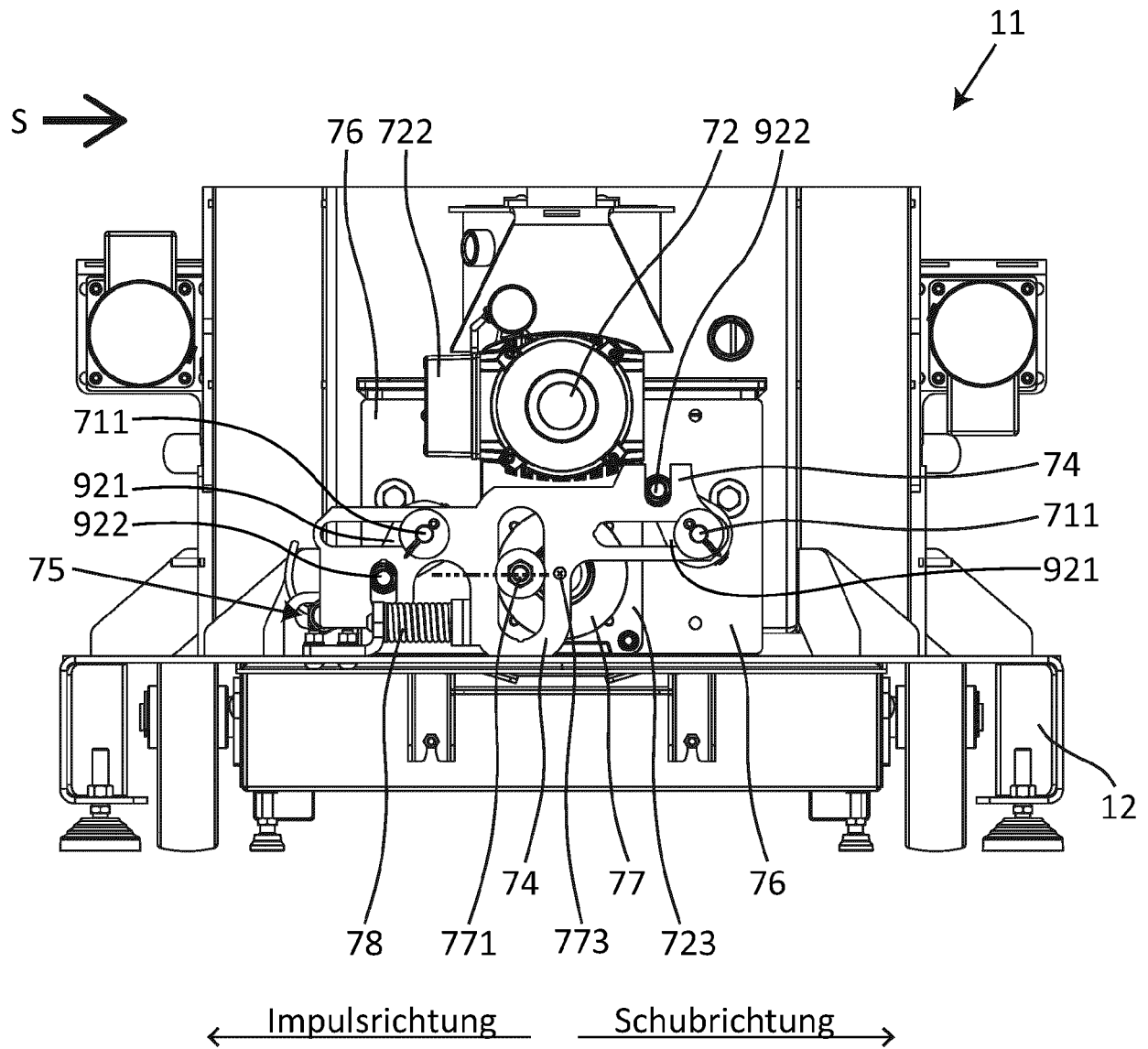
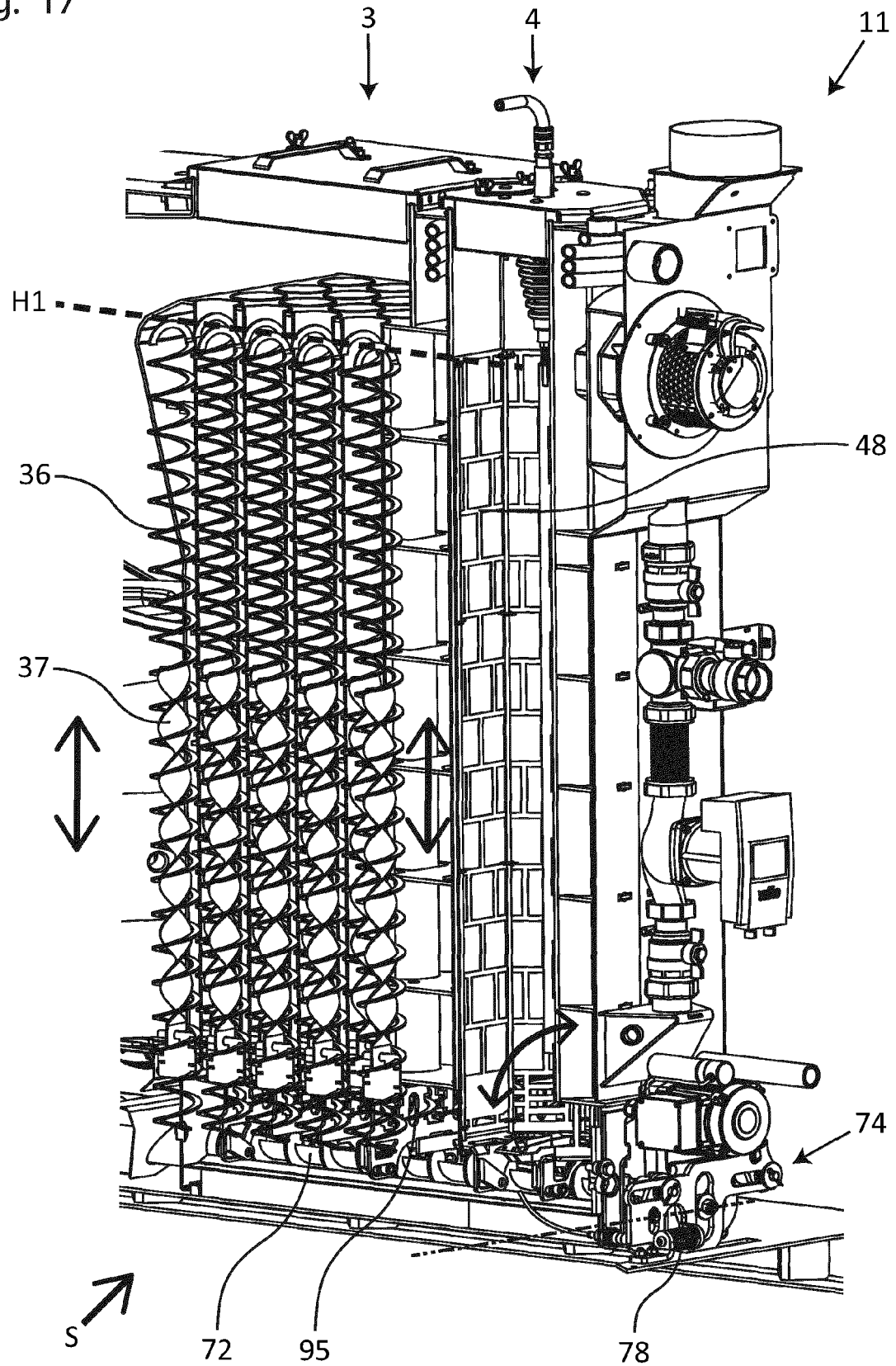


Fig. 16



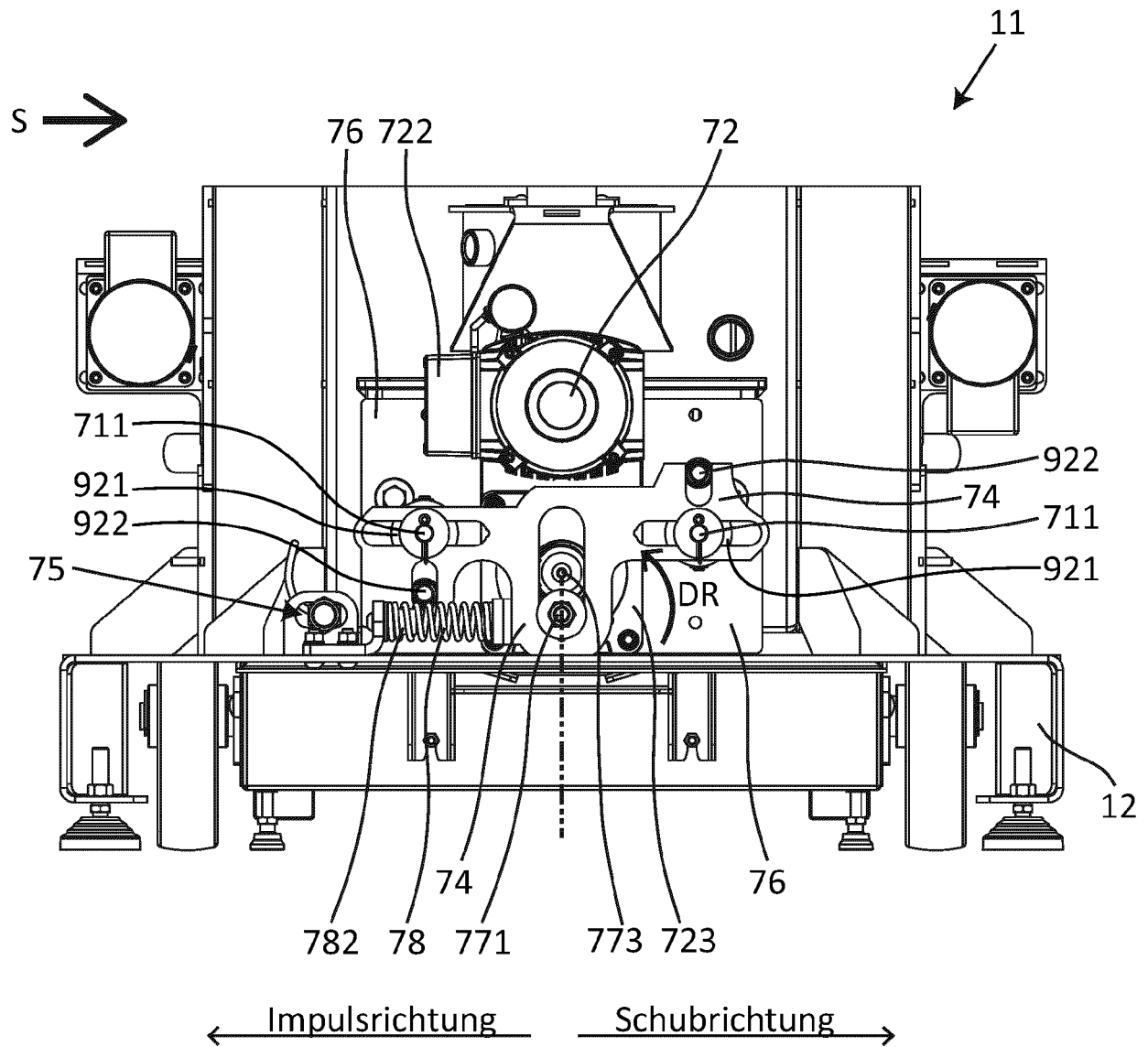
Ausgangs- / Ruhezustand

Fig. 17



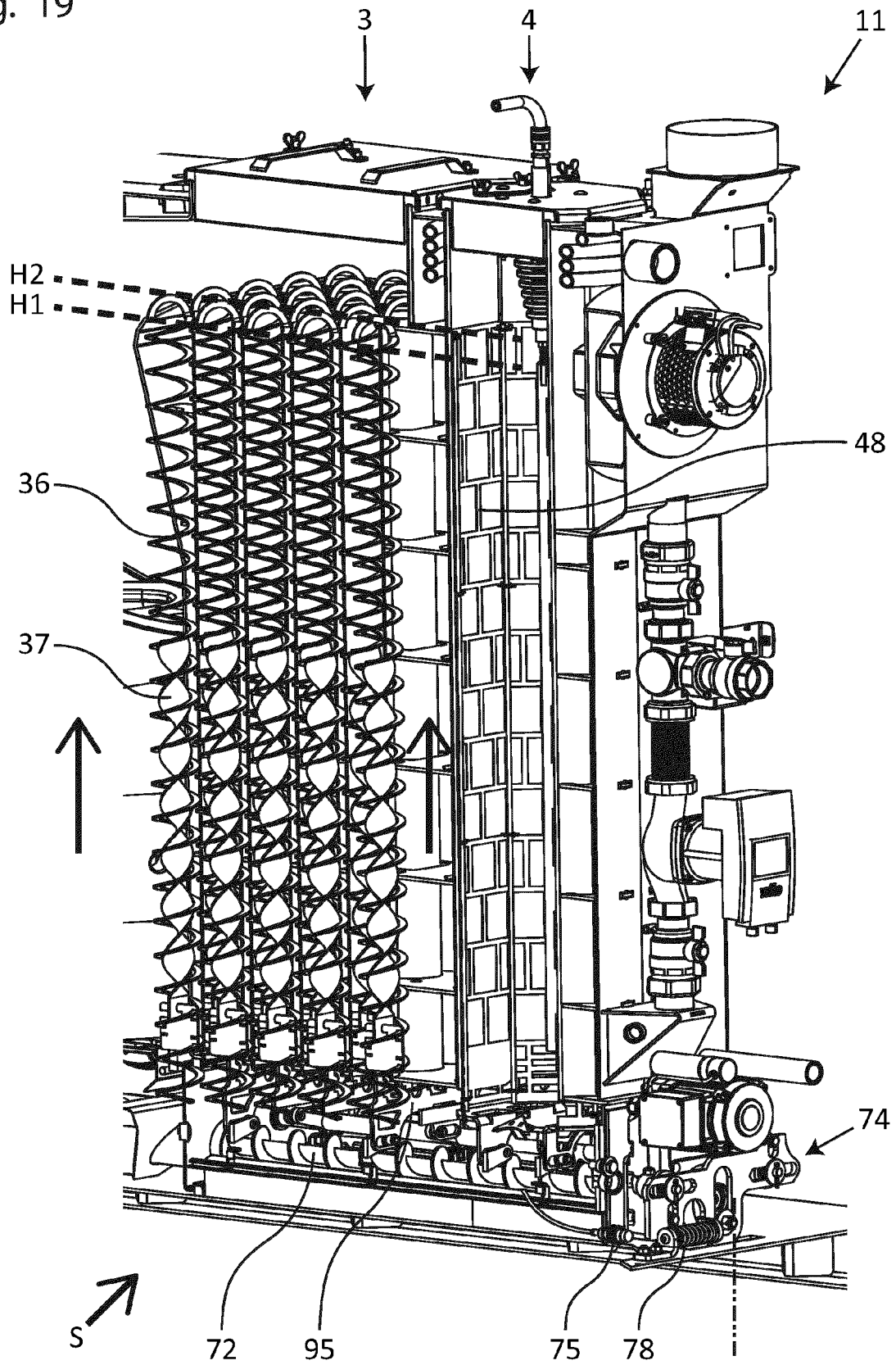
Ausgangs- / Ruhezustand

Fig. 18



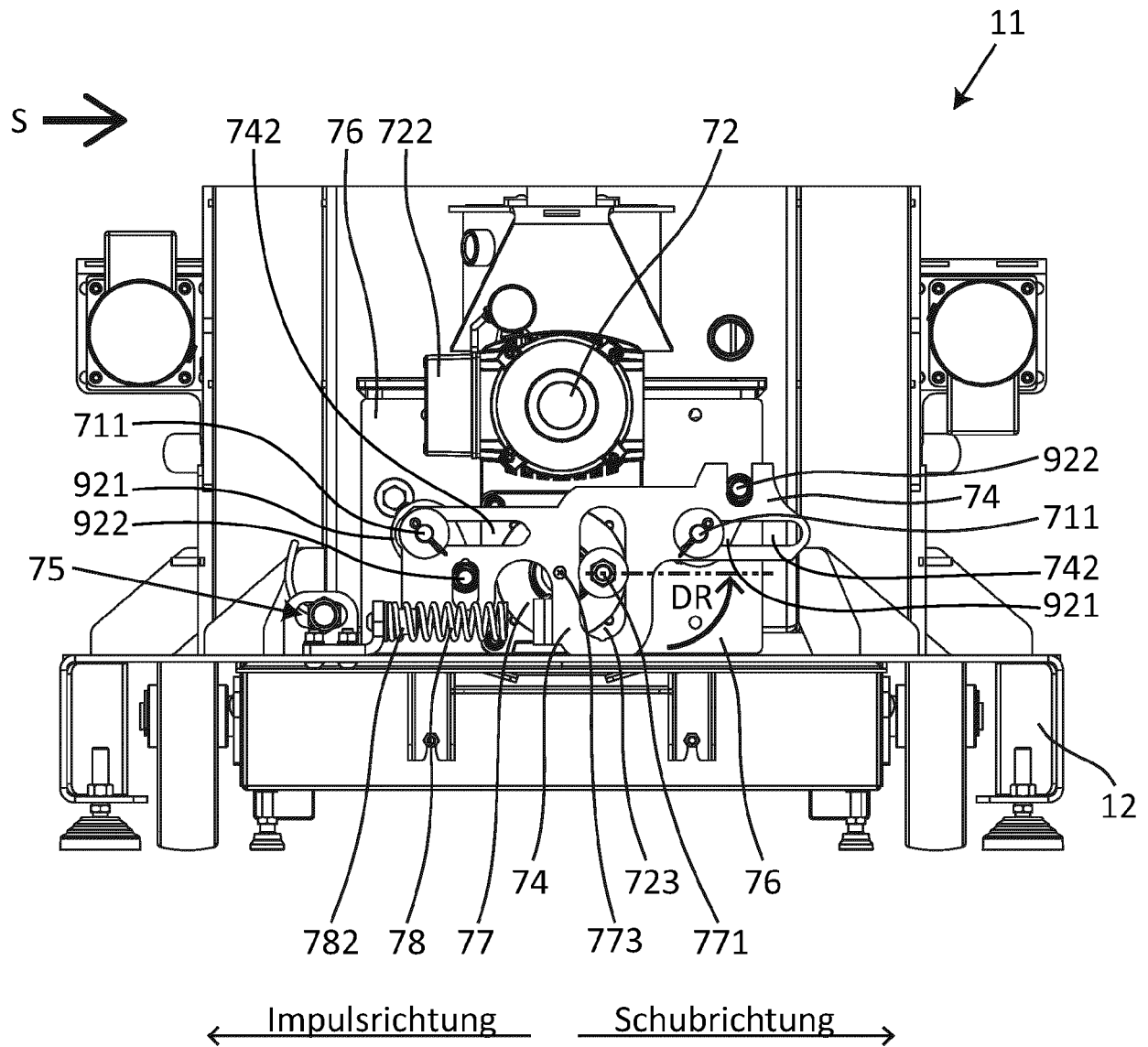
Schubzustand

Fig. 19



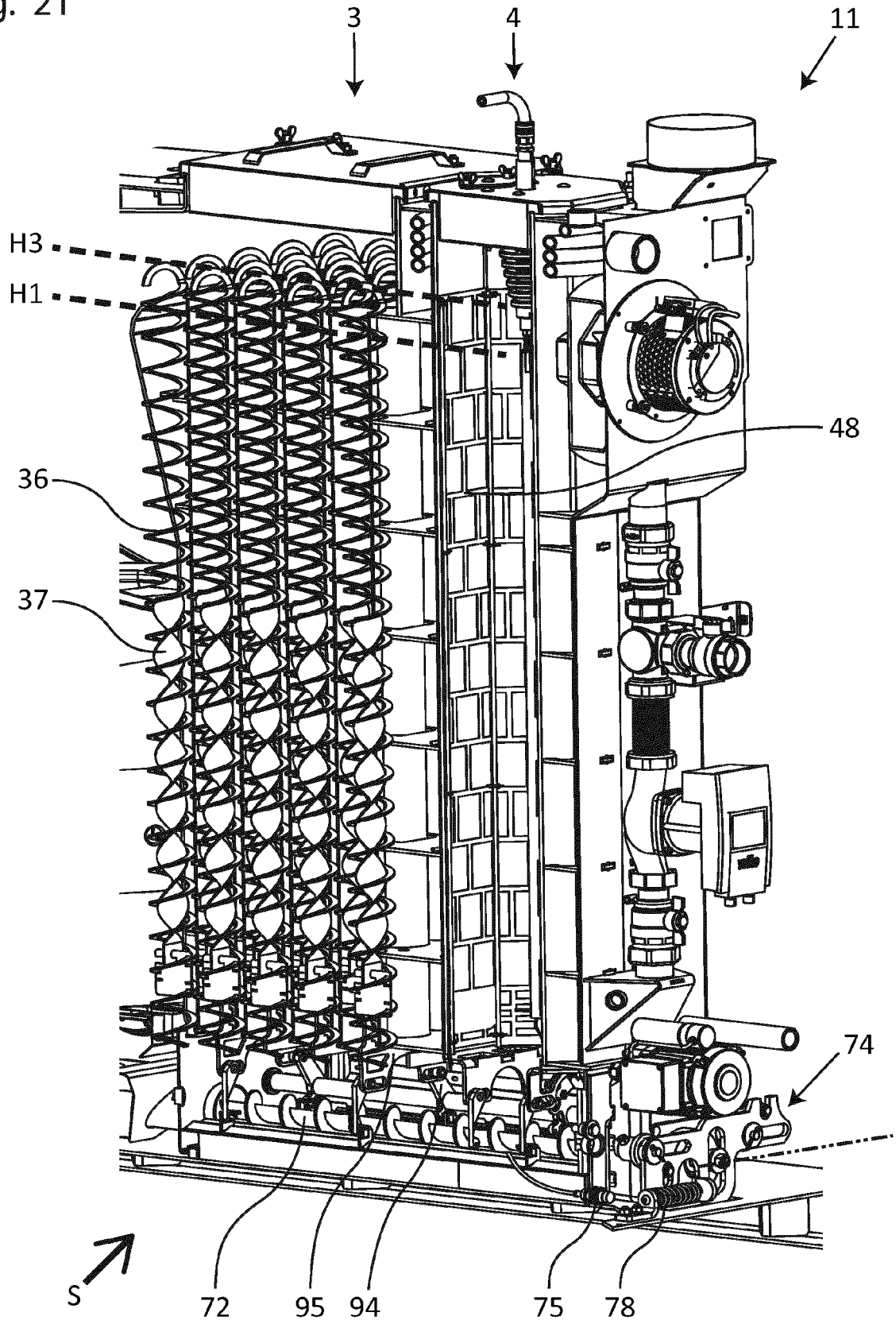
Schubzustand

Fig. 20



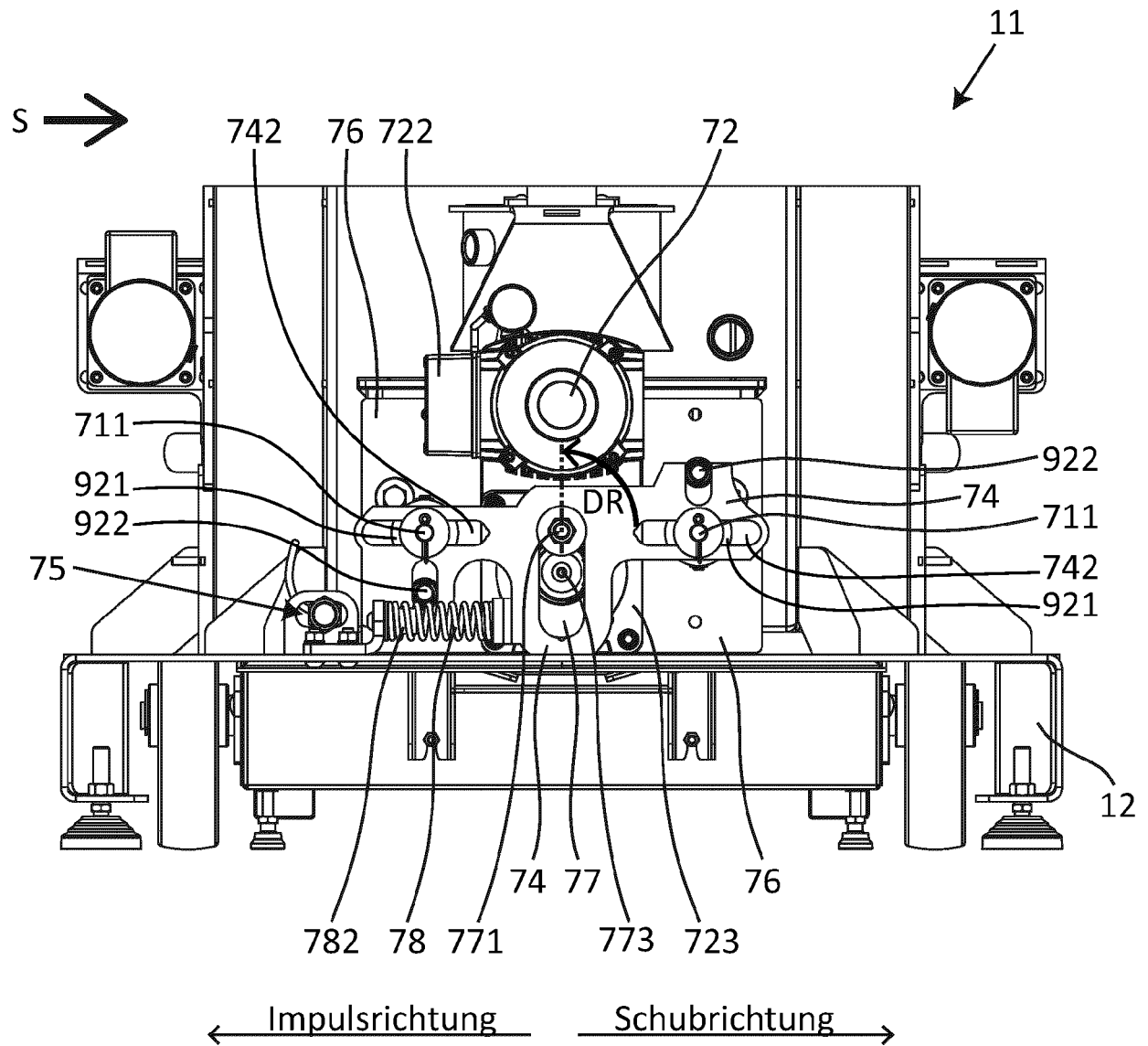
Maximalhubzustand

Fig. 21



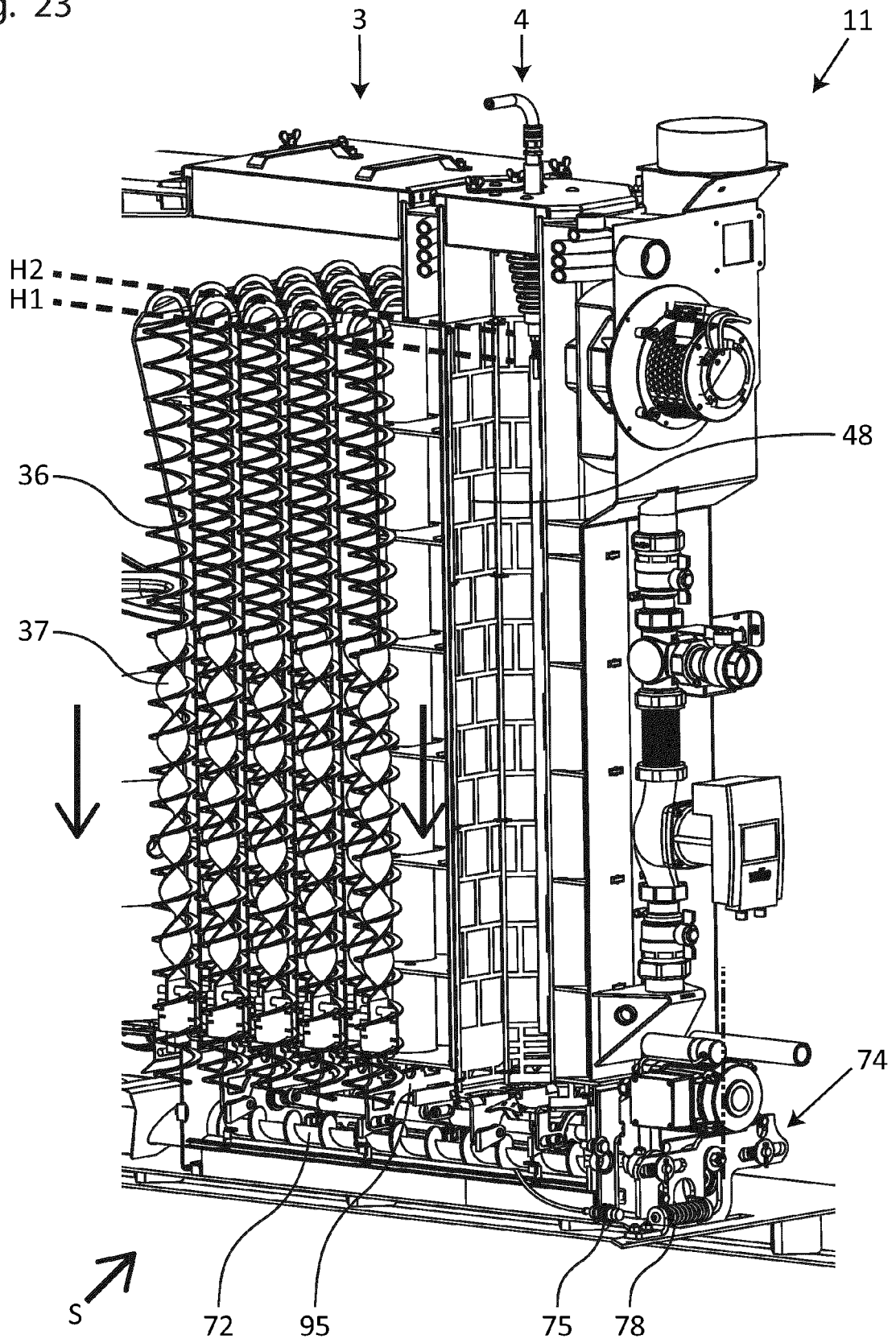
Maximalhubzustand

Fig. 22



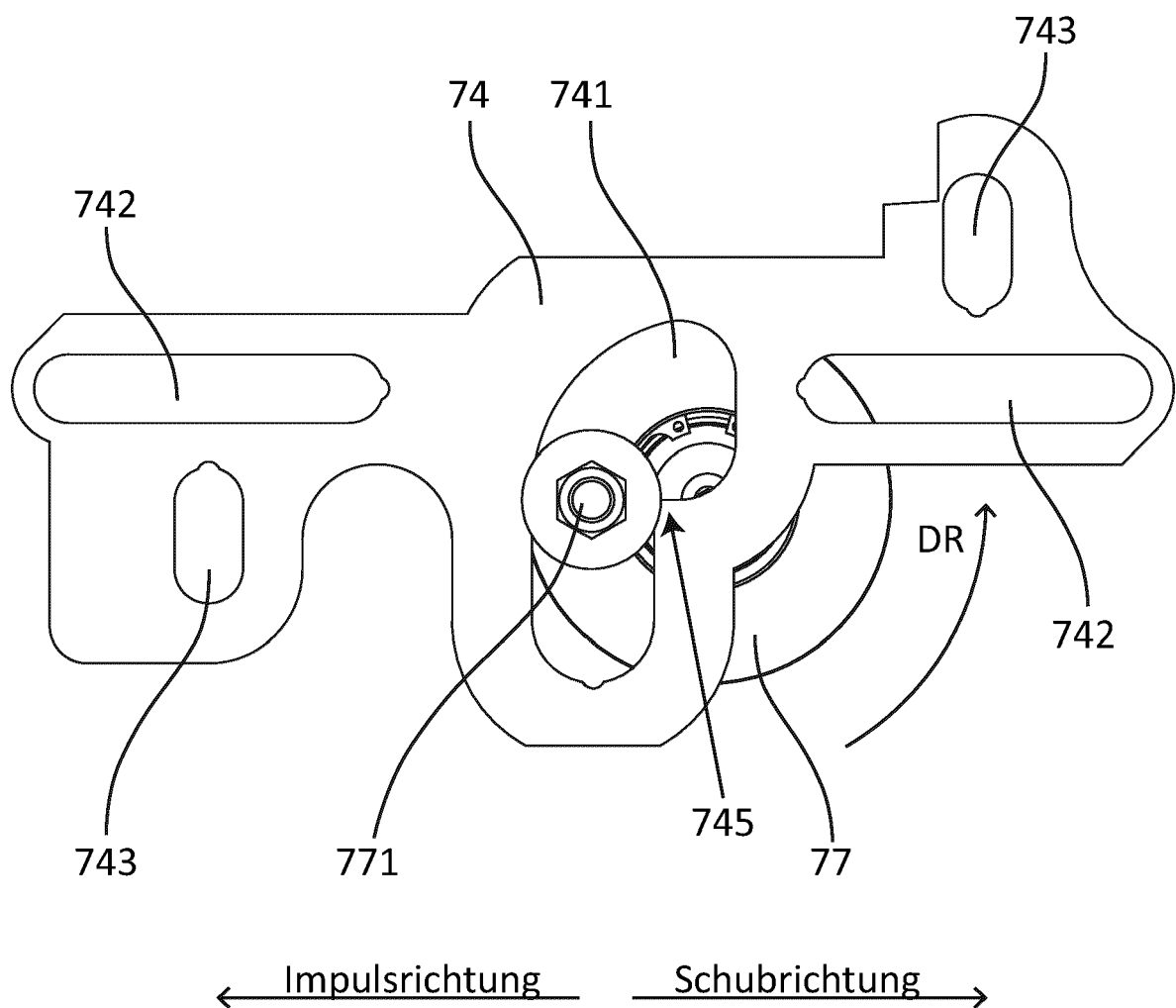
Fallzustand

Fig. 23



Fallzustand

Fig. 24





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 21 16 1524

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 94 912 B (WILLIAM HERBERT SMITH) 15. Dezember 1960 (1960-12-15) * Spalte 2, Zeile 31 - Spalte 4, Zeile 51 * * Abbildungen 1-6 *	1-21	INV. F23J3/02 F24H9/00 F24B13/00 F28G1/00 F28G1/06
A	US 2 233 066 A (JOHN E. WATSON) 25. Februar 1941 (1941-02-25) * Seite 1, Zeile 39 - Seite 3, Zeile 21 * * Abbildungen 1-15 *	1-21	
A	KR 101 149 359 B1 (GYUWON TECH CO LTD [KR]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) * Abbildungen 1-3 und dazugehörige Passagen der Beschreibung *	1-21	
A	EP 3 064 276 A2 (GERLINGER ERNST [AT]) 7. September 2016 (2016-09-07) * Spalte 3, Absatz 13 - Spalte 4, Absatz 15 * * Abbildung 1 *	1,19	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23J F24H F24C F28F F24B F28G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. Juni 2021	Prüfer Rudolf, Andreas
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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 21 16 1524

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

17-06-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1094912 B	15-12-1960	KEINE	
US 2233066 A	25-02-1941	KEINE	
KR 101149359 B1	30-05-2012	KEINE	
EP 3064276 A2	07-09-2016	AT 516061 A4 EP 3064276 A2	15-02-2016 07-09-2016

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 1830130 A2 [0019]