



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 819 904 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
21.01.1998 Patentblatt 1998/04

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F26B 3/084

(21) Anmeldenummer: 97105735.1

(22) Anmeldetag: 08.04.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT DE DK FI SE

(30) Priorität: 17.07.1996 EP 96111495  
19.11.1996 EP 96118517  
19.11.1996 EP 96118518

(71) Anmelder:  
GEA Wärme- und Umwelttechnik GmbH  
44809 Bochum (DE)

(72) Erfinder:  
Schaberg, Ulrich, Dr.Ing.  
45529 Hattingen (DE)

(74) Vertreter:  
Ksoll, Peter, Dr.-Ing. et al  
Bergstrasse 159  
44791 Bochum (DE)

(54) **Dampf-Wirbelschicht-Trocknungsanlage**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anlage (1) zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung von wasserhaltigen Feststoffen, insbesondere von gebrochener Feuchtbraunkohle. Die Anlage (1) umfaßt eine Aufgabereinheit (6) für das Feuchtgut (FG), eine Wirbelschicht-Trocknereinheit (3) mit eingegliedelter Wärmeübertrager-Einheit (5) und Düsenboden-Einheit (4) sowie eine Abzugseinheit (2) für das Trockengut. Kernpunkt der Erfindung ist die kreisringförmige Ausführung der Wärmeübertrager-Einheit (5) mit sich zur vertikalen Mittellängsachse (ML) der Wirbelschicht-Trocknereinheit (3) radial erstreckenden Wärmetauscherrohren (16). Die Wärmeübertrager-Einheit (5) umschließt eine innenliegende Dampfverteilkammer (35) und ist durch Trennwände (17) in mehrere segmentartige Wirbelschichtzellen (18) unterteilt. Der Abzug von Trockengut (TG) erfolgt durch ein in die Abzugseinheit (2) eingeleitetes pneumatisches Fördermittel (FM). Hierzu umfaßt jeder Abzug (22) in S-förmiger Konfiguration eine Zulaufkammer (23) und eine nachgeschaltete Ablaufkammer (24). Am Boden (25) der Ablaufkammer (24) ist eine Düseneinheit (26) angeordnet. Über diese wird das Fördermedium (FM) in die Ablaufkammer (24) eingeleitet und das Trockengut abgefördert.

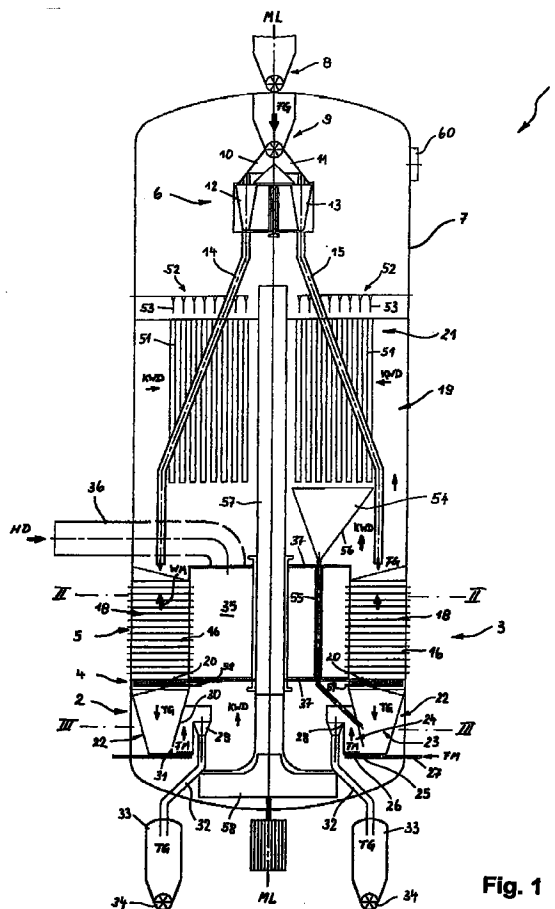


Fig. 1

EP 0 819 904 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung von wasserhaltigen Feststoffen, insbesondere von gebrochener Feuchtbraunkohle, gemäß den Merkmalen im Oberbegriff des Anspruchs 1.

Durch die EP 0 537 263 B1 zählt eine Vorrichtung zum Trocknen eines aus Teilchen bestehenden feuchten Materials mit überhitztem Dampf zum Stand der Technik.

Eine solche Anlage umfaßt ein zylindrisches Gehäuse mit einer Anzahl paralleler im wesentlichen vertikaler länglicher Kammern, welche ringförmig angeordnet sind. Das Feuchtgut wird in eine Kammer aufgegeben und anschließend im Flugstrom von Kammer zu Kammer transportiert, hierbei getrocknet und am Ende ausgetragen. Der Austrag des Trockenguts erfolgt durch eine Förderschnecke.

Ein Kreislaufgebläse zur Rezirkulation des Wirbelmediums ist in den Trocknerbehälter integriert. Auch die Staubgrobabscheidung aus den Brüden erfolgt im Trocknerbehälter. Hierdurch wird eine kompakte Bauweise ohne aufwendige Rohrleitungsführung erreicht.

Nachteilig ist jedoch, daß die Wärmeübertragung vom Heizdampf an den Dampfkreislauf und vom Dampfkreislauf an das Feuchtgut an voneinander getrennten Orten im Trocknerbehälter erfolgt. Dadurch werden nicht die hohen Wärmeübergangszahlen, wie in Wirbelschichten mit einer in die Wirbelschicht eingebetteten Wärmeübertragungsfläche erreicht. Auch hinsichtlich der Durchsatzleistung stößt diese Technik an ihre Grenzen. Für einen großtechnischen Einsatz beispielsweise in Braunkohlenkraftwerken, welche einen hohen Kohlendurchsatz erfordern, bringt ein solcher Trockner folglich nicht die besten Voraussetzungen mit sich.

Braunkohle wird in großem Umfang zur Erzeugung und Lieferung von elektrischer Energie in Kraftwerken verbrannt. Aufgrund des hohen Wassergehalts von 50 % bis 60 % der Rohbraunkohle ist eine vorgeschaltete Trocknung erforderlich. Auch für die Herstellung von Folgeprodukten wie Briketts, Koks oder Kohlestaub ist eine Reduktion des Wassergehalts auf 12 % bis 18 % erforderlich.

Die mögliche Wirkungsgradsteigerung in der Kraftwerkstechnik durch ein energetisch günstiges Trocknungsverfahren ist dabei umso höher, je größer der zu reduzierende Wassergehalt ist.

Bei der Trocknung von Feuchtbraunkohle kann man zwischen direkter und indirekter Trocknung unterscheiden.

Die direkte Trocknung erfolgt durch Verdampfung des Kohlewassers in inerter Atmosphäre mit Hilfe heißen Rauchgases als Energieträger in Ventilatormühlen (Rauchgas-Mahl-trocknung).

Die indirekte Trocknung wird mit Hilfe eines Wärmeübertragers vorgenommen, wobei auf der Seite der

Energiezuführung kondensierter Heizdampf eingesetzt wird. Auf der Seite der Energieabführung befindet sich die zu trocknende Braunkohle, die durch Kontakt mit der Wärmeübertragerwand und durch konvektive Wärmeübertragung des entstehenden Kohlenwasserdampfs erhitzt wird. Dieses Prinzip wird beispielsweise bei sogenannten Teller-trocknern und Röhren-trocknern angewendet.

Zum Stand der Technik gehört ferner die Dampf-Wirbelschicht-Trocknung, wie sie beispielsweise in der DE 37 24 960 A1 oder der DD 224 649 A1 beschrieben ist.

Dabei wird die gebrochene Feuchtbraunkohle unter Verwendung von Dampf als Wirbelmedium fluidisiert. Durch Kontakt der Feuchtbraunkohle mit der Wärmeübertragerwand und durch konvektive Wärmeübertragung des entstehenden Kohlenwasserdampfs sowie der Schlepluft wird die Feuchtbraunkohle erhitzt und Wasser ausgetrieben.

Zu der Erreichung einer höchstmöglichen Verfügbarkeit und hohen Trocknungsleistungen ist im Rahmen der nicht vorveröffentlichten europäischen Patentanmeldung 96111495.6 vorgeschlagen worden, die erforderliche Kohlemenge auf eine Trocknerstraße, bestehend aus mehreren Trocknungsaggregaten aufzuteilen. Hierbei umfaßt jedes Trocknungsaggregat in Modulbauweise in vertikaler Übereinanderanordnung eine Abzugseinheit für getrocknete Braunkohle, eine Dampf-Wirbelschicht-Trocknereinheit mit eingegliedelter Wärmeübertrager-Einheit und Düsenboden-Einheit sowie eine Aufgabereinheit für die Feuchtbraunkohle. Dieses Konzept gewährleistet, daß die Verfügbarkeit eines Kraftwerks mit mehr als 7500 Betriebsstunden pro Jahr durch die Kohlevortrocknung nicht beeinflußt wird.

Die Feuchtbraunkohle wird dabei einem Trocknungsaggregat über eine Zellenrad-schleuse aufgegeben. Der Abzug der Trockenbraunkohle erfolgt mechanisch mittels Förderschnecken. Diese Einrichtung hat sich bewährt. Durch die Bewegung der sich zueinander relativ bewegendenden Teile der Abzugseinheit kann es jedoch zu Verschleißerscheinungen kommen.

Auch ein Betrieb mit höheren Systemdrücken, z.B. für eine Nutzung der Brüden bzw. des ausgetriebenen Kohlenwasserdampfs, ist geometriebedingt schwierig.

Insgesamt ist daher eine Weiterentwicklung der Technologie der Dampf-Wirbelschicht-Trocknung anstrebenswert.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung von wasserhaltigen Feststoffen anlagentechnisch und wirtschaftlich, insbesondere durch eine effiziente Ausgestaltung der Wärmeübertragereinheit weiter zu entwickeln, wobei auch ein Betrieb mit höheren Systemdrücken ermöglicht werden soll.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht nach der Erfindung in den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmalen.

Danach ist die Wärmeübertrager-Einheit kreisringförmig ausgeführt mit sich zur vertikalen Mittellängsachse der Wirbelschicht-Trocknereinheit radial erstreckenden Wärmetauscherrohren. Hierbei können sich die Wärmetauscherrohre genau geradlinig oder auch kurvenförmig, insbesondere schlangenlinienförmig, erstrecken. Auch können ihre Erstreckungsachsen exakt rechtwinklig zur Mittellängsachse oder in einem von 90° abweichenden Winkel verlaufen.

Diese Ausführungsform ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise der Trocknungsanlage ohne aufwendige Rohrleitungsführung mit einer rationalen Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauvolumens. Die Trocknungsanlage ist charakterisiert durch eine runde Geometrie ihres Gehäuses. Diese ist insbesondere für eine druckaufgeladene Trocknungsanlage vorteilhaft. Damit ist der Einsatz einer Brudenturbine zur Erzeugung von Elektroenergie sinnvoll.

Zweckmäßigerweise ist der Radialverdichter für die Zirkulation des Wirbelmediums innenliegend im Gehäuse angeordnet.

Nach den Merkmalen des Anspruchs 2 ist die Wärmeübertrager-Einheit durch eine Trennwand in wenigstens zwei segmentartige Wirbelschichtzellen unterteilt.

Vorzugsweise erfolgt eine Aufteilung der Wärmeübertrager-Einheit in mehrere Wirbelschichtzellen mit Abmessungen, welche stabile Wirbelschichtbetriebsverhältnisse gewährleisten. Hierdurch wird eine intensive Wärmeübertragung und ein hoher Trocknungserfolg erreicht. Auch hinsichtlich der Prozeßführung ergibt sich eine wesentliche Verbesserung einer Trocknungsanlage, da die Wirbelschicht in den Wirbelschichtzellen wesentlich unempfindlicher reagiert auf sich ändernde Betriebsparameter, beispielsweise bei unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalten des aufgegebenen Schüttguts.

Die Wärmeübertrager der einzelnen Wirbelschichtzellen sind so konzipiert, daß ein separater Ein- und Ausbau möglich ist. Jeder Wirbelschichtzelle ist ein Rostdüsenboden und ein Abzug zugeordnet. So ergibt sich ein modularer Aufbau. Der Ein- bzw. Ausbau von Einzelaggregaten ist einfach. Dies führt auch zu einer wesentlichen Erleichterung von Wartungs- oder Reparaturarbeiten.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der erfindungsgemäßen Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung besteht nach den Merkmalen des Anspruchs 3 darin, daß die Wärmeübertrager-Einheit eine Dampfverteilerkammer umschließt.

Auf diese Weise ist eine gute und gleichmäßige Versorgung der Wärmeübertrager-Einheit mit Heizdampf gewährleistet. Auch hinsichtlich des Bauvolumens der Trocknungsanlage ist die Integration der Dampfverteilerkammer innenliegend vorteilhaft. Insbesondere bei druckaufgeladen betriebenen Trocknungsanlagen ergibt sich der Vorteil, daß die erforderlichen Wanddicken der Dampfverteilerkammer geringer ausfallen können, da sie nur auf den Differenzdruck zwi-

schen dem Anlagendruck und dem Dampfdruck ausgelegt werden müssen.

Ferner fungiert die innenliegende Dampfverteilerkammer als integrierte zusätzliche Heizung der Trocknungsanlage.

Durch die kreisringförmige Ausbildung der Wärmeübertrager-Einheit ist die Rohrteilung außen größer als innen. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Wärmetauscherrohren am äußeren Radius der Wärmeübertrager-Einheit ist folglich größer als der Abstand zwischen den Wärmetauscherrohren am inneren Radius der Wärmeübertrager-Einheit. Hierdurch verändert sich der vertikale Durchtrittsquerschnitt zwischen zwei benachbarten Wärmetauscherrohren. Diese Flächenänderung hat eine Änderung der Strömungsverhältnisse in der Wirbelschicht vom inneren Radius zum äußeren Radius zur Folge. Hierdurch entstehen ungleiche Wirbelverhältnisse.

Grundsätzlich ist es denkbar, konisch ausgebildete Wärmetauscherrohre einzusetzen, um einen Flächenausgleich zu erreichen. Solche Wärmetauscherrohre sind jedoch fertigungstechnisch aufwendig und teuer.

Nach den Merkmalen des Anspruchs 4 ist daher vorgesehen, daß zwischen zwei benachbarten Wärmetauscherrohren V-förmige Einbauten vorgesehen sind, welche den vertikalen Durchtrittsquerschnitt vergleichmäßigen.

So wird eine Gleichverteilung der Strömungsverhältnisse erreicht. Die Einbauten bilden einen nicht beheizten und nicht von Heizdampf durchströmten Verdrängungskörper.

Herstellungstechnisch bietet es sich an, jeden Einbau durch einen rotationssymmetrischen Kegelkörper zu bilden.

In der vorteilhaften Ausführungsform gemäß den Merkmalen des Anspruchs 5 besteht jeder Einbau aus zwei zueinander relativbeweglichen Teilen, von denen ein Teil am äußeren Rohrboden und der andere Teil am inneren Rohrboden festgelegt ist. Hierdurch kann Wärmespannungen bzw. Längendehnungen infolge von auftretenden Temperaturdifferenzen begegnet werden.

Gemäß den Merkmalen des Anspruchs 6 ist oberhalb einer Wirbelschichtzelle eine gemeinsame Dampfsammelkammer angeordnet.

In die Dampfsammelkammer tritt der Wasserdampf aus den einzelnen Wirbelschichtzellen ein und kann einer entsprechenden Nachbehandlung mit einer Entstaubung bzw. Feinstkornabscheidung zugeführt werden.

Besonders vorteilhaft ist in der Dampfsammelkammer eine Entstaubungsvorrichtung integriert, wie dies Anspruch 7 vorsieht. Hier wird der von der Strömung mitgerissene Staub abgeschieden. Der gereinigte Wasserdampf wird über eine zentrale Saugleitung von einem Radialverdichter angesaugt und als Wirbelmedium in die Wirbelschicht-Trocknereinheit zurückgeführt. Um die Massenbilanz auszugleichen, kann überschüssiger Dampf entnommen werden, um den

Druck in der Trocknungsanlage konstant zu halten.

Für die Praxis bietet sich der Einsatz eines Gewebefilters mit zugeordneter Druckgasabreinigung, insbesondere mit Druckdampf, als Entstaubungsvorrichtung an. Periodisch wird der Filterkuchen mittels der Druckgasabreinigung vom Gewebefilter abgereinigt. Der abgeschiedene Staub kann separat aus der Trocknungsanlage herausgeführt und der Weiterverwendung zugeleitet werden. Vorzugsweise wird der abgeschiedene Staub jedoch in die Abzugseinheit der Trocknungsanlage geleitet und mit dem Trockengut abgeführt.

Nach den Merkmalen des Anspruchs 8 ist das Trockengut durch ein in die Abzugseinheit einleitbares pneumatisches Fördermedium abtransportierbar.

Ein erster Vorteil dieser Ausgestaltung besteht in der Abkehr vom mechanischen Austrag zu einem pneumatisch unterstützten Austragssystem. Hierdurch kann insbesondere der Verschleiß und die Störanfälligkeit der Anlage reduziert werden. Ferner ermöglicht diese Ausführung eine sehr kompakte Bauweise einer Abzugseinheit und eine Integration der Abzugseinheit im Gehäuse der Trocknungsanlage.

Auch ist eine einfache Regulierung der abtransportierten Menge durch Steuerung des Fördermediums möglich.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß über die Abzugseinheit eine Kühlung des Trockenguts vorgenommen werden kann. Durch die Einleitung von gegenüber dem Trockengut kühlem Fördermedium wird die Temperatur des Trockenguts abgesenkt. Dies ist besonders vorteilhaft bei der Trocknung von Braunkohle, welche durch die Kühlung im Prozeß auf ein niedrigeres, für die weitere Verwendung geeignetes Temperaturniveau gebracht wird.

Hierbei wird vorteilhafterweise von der im Dampf-Wirbelschicht-Trockner vorhandenen Dampfatmosfera auf eine Inertgasatmosfera übergegangen. Dies kann beispielsweise durch Einleitung von Stickstoff oder Kohlendioxid als Fördermedium erfolgen. Aus Kostengründen bietet sich auch der Einsatz von rezirkuliertem Rauchgas aus einer Feuerungsanlage an.

Der Kreislauf des Fördermediums kann geschlossen geführt werden, so daß keine bzw. nur unwesentliche Verluste auftreten. Hierzu wird das Fördermedium im Kreiskauf über entsprechende Filter und Kühler geleitet und über ein Gebläse wieder in den Abzug zurückgeführt.

Bei der Trocknung von Braunkohle erfolgt somit eine Kühlung der Trockenbraunkohle während des Austrags aus dem System, ohne daß Kohlenwasserdampfverluste auftreten. Die ausgetragene Kohle ist dann trocken und abgekühlt. Sie kann offen atmosphärisch weiter transportiert werden.

Die Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung ist auslegbar sowohl für einen Betrieb bei atmosphärischem Druck als auch für einen Betrieb bei Überdruck. Bei mit Überdruck betriebenen Anlagen spricht man von

einer druckaufgeladenen Dampf-Wirbelschicht-Trocknung. Die Anlage ist geeignet für die Trocknung unterschiedlichster wasserhaltiger Feststoffe. Wegen ihres kompakten modularen Aufbaus und hoher Leistungsfähigkeit eignet sie sich besonders für die Trocknung von gebrochener Feuchtbraunkohle in Kraftwerken.

Eine besonders vorteilhafte Weiterentwicklung des grundlegenden Erfindungsgedankens ist in den Merkmalen des Anspruchs 9 charakterisiert.

Danach umfaßt ein Abzug in S-förmiger Konfiguration eine Zulaufkammer und eine nachgeschaltete Ablaufkammer. Am Boden der Ablaufkammer ist eine Düseneinheit für das Fördermedium angeordnet, welches das Trockengut über ein die Ablaufkammer von einer nachgeschalteten Austragskammer trennendes Schwellwehr hinweg fördert.

Im Abzug erfolgt eine Umlenkung des Trockenguts. Das Trockengut fließt in der Zulaufkammer unter dem Einfluß der Schwerkraft abwärts, wird dann in die Ablaufkammer umgelenkt und hier durch das Fördermedium als Tragmittel abtransportiert. Zweckmäßigerweise sind die Zulaufkammer und die Ablaufkammer durch eine gemeinsame Wand bereichsweise voneinander getrennt. Bodenseitig stehen die Zulaufkammer und die Ablaufkammer in Verbindung, so daß das Trockengut hier übertreten kann.

Über die Düseneinheit am Boden der Ablaufkammer wird das Fördermedium eingeleitet. Das Fördermedium strömt dann aufwärts. Hierbei wird das Trockengut nach oben gefördert, und zwar gegen die Fließrichtung des Trockenguts in der Zulaufkammer. Durch den kontinuierlichen Abtransport des Trockenguts in der Ablaufkammer fließt ständig Trockengut aus der Zulaufkammer nach bzw. wird in diese gezogen.

An die Ablaufkammer schließt sich über ein Schwellwehr die Austragskammer an. Von hier aus wird das Trockengut zur Weiterverwendung gefördert und aus dem Dampf-Wirbelschicht-Trockner heraus geführt.

Zweckmäßig sind bei einer Dampf-Wirbelschicht-Trocknungsanlage großer Leistung mehrere Abzüge zu einer Abzugseinheit zusammengeschaltet.

Trockenbraunkohle beispielsweise kann mit Hilfe des pneumatischen Fördermediums als Tragmittel direkt in eine Feuerungsanlage eingebracht werden.

Möglich ist es ferner, die Trockenbraunkohle mit dem inerten Fördermedium in eine Mühle zu führen. Hier findet durch die Tragluft der Mühle eine weitere Kühlung statt. Ein besonderer Vorteil dieser Lösung ist, daß die Trockenbraunkohle pneumatisch in die Mühle eingetragen werden kann, ohne daß sie vorher entspannt worden oder mit atmosphärischer Luft in Verbindung gekommen ist.

Grundsätzlich ist es aber auch möglich, das Trockengut von der Abzugseinheit aus in einen Pufferbehälter zu fördern, von wo aus es über eine Zellenradschleuse zur Weiterverarbeitung geleitet werden kann.

Außerdem können in der Ablaufkammer Kühlflä-

chen zur Intensivierung des Trocknungsprozesses vorgesehen sein.

Um die Trocknungsanlage mit Überdruck betreiben zu können, ist deren Gehäuse nach den Merkmalen des Anspruchs 10 druckfest ausgeführt.

In der Wärmeübertrager-Einheit bzw. den einzelnen Wirbelschichtzellen einer erfindungsgemäßen Trocknungsanlage wird das von oben kontinuierlich zugeführte körnige Feuchtgut vom Wirbelmedium von unten nach oben durchströmt. Als Wirbelmedium wird der aus dem Feuchtgut ausgetriebene Wasserdampf genutzt. Die Menge an Wirbelmedium und die Strömungsgeschwindigkeit sind so abgestimmt, daß die Feststoffschüttung in eine Wirbelschicht übergeht. Die Wirbelgeschwindigkeit liegt oberhalb des Wirbelpunkts und bleibt in etwa konstant unabhängig von zu trocknenden Massestrom. Erreicht wird das durch den rezirkulierten Wasserdampf-Kreislauf. In der Wirbelschicht wird die Gewichtskraft der Feststoffkörner durch die entgegengesetzt gerichtete Strömungskraft des Wirbelmediums nahezu aufgehoben. Die fluidisierte Feststoffschüttung verhält sich dann flüssigkeitsähnlich und fließt durch die Wärmeübertrager-Einheit. Hier findet eine intensive Wärmeübertragung durch hohe Turbulenz statt und das im Feuchtgut enthaltene Wasser wird verdampft. Auf diese Weise kann eine zuverlässige Trocknung des Feststoffs auf einen nahezu beliebigen Restwassergehalt erreicht werden.

Die erfindungsgemäße Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung ermöglicht bei der Trocknung von gebrochener Feuchtbraunkohle eine rationelle energetische Nutzung in Verbrennungsanlagen in einem Dampfkraftwerksprozeß, einem Gas-Dampf-Kombiprozeß mit integrierter vorgeschalteter Kohlevergasungs- oder Druckwirbelschichtverbrennungsanlage.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Dampf-Wirbelschicht-Trocknungsanlage in vertikaler Schnittdarstellung;

Figur 2 einen horizontalen Querschnitt durch die Darstellung der Figur 1 entlang der Linie II-II;

Figur 3 einen horizontalen Querschnitt durch die Darstellung der Figur 1 entlang der Linie III-III;

Figur 4 in technisch vereinfachter Darstellungsweise einen Segmentausschnitt einer Wärmeübertrager-Einheit mit einer nicht maßstäblichen Darstellung der Teilungsunterschiede am inneren und äußeren Radius und

Figur 5 eine Ausführungsform eines den vertikalen

Durchtrittsquerschnitts zwischen zwei benachbarten Wärmetauscherrohren vergleichmäßigenden Einbaus.

Die Figur 1 zeigt eine Anlage 1 zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung von wasserhaltigem Feuchtgut FG, vorzugsweise gebrochener Feuchtbraunkohle.

In vertikaler Übereinanderanordnung ist eine Abzugseinheit 2 für Trockengut TG, eine Wirbelschicht-Trocknereinheit 3 mit eingegliedelter Düsenboden-Einheit 4 und Wärmeübertrager-Einheit 5 sowie eine Aufgabereinheit 6 für das Feuchtgut FG zu erkennen. Die vorgenannten Einheiten 2, 3, 4, 5, 6 sind kompakt in einem druckfesten Gehäuse 7 angeordnet.

Feuchtbraunkohle (Feuchtgut FG) in einem Körnungsband von 0 bis 10 mm wird der Aufgabereinheit 6 über ein System aus zwei Zellenradschleusen 8, 9 zugeteilt. Nachdem zunächst die Zellenradschleuse 8 mit Feuchtbraunkohle befüllt worden ist, wird diese geschlossen, ein Druckausgleich zur Zellenradschleuse 9 hergestellt und die Feuchtbraunkohle in die Zellenradschleuse 9 überführt. Anschließend wird die Zellenradschleuse 9 nach außen abgedichtet und die Feuchtbraunkohle über Schurren 10, 11, Trichter 12, 13 sowie Rohrleitungen 14, 15 in die Wirbelschicht-Trocknereinheit 3 überführt.

Wie aus der Figur 2 zu erkennen ist, ist die Wärmeübertrager-Einheit 5 kreisringförmig ausgeführt mit Wärmetauscherrohren 16, welche sich zur vertikalen Mittellängsachse ML der Wirbelschicht-Trocknereinheit 3 radial erstrecken. Die Wärmeübertrager-Einheit 5 ist durch vertikal ausgerichtete Trennwände 17 in insgesamt acht segmentartige Wirbelschichtzellen 18 unterteilt.

Oberhalb der Wirbelschichtzellen 18 ist eine gemeinsame Dampfsammelkammer 19 angeordnet (siehe Figur 1).

Über die Rohrleitungen 14, 15 passiert die Feuchtbraunkohle die Dampfsammelkammer 19 und gelangt in die einzelnen Wirbelschichtzellen 18. Die Feuchtbraunkohle fällt dann abwärts gegen das aufwärts strömende Wirbelmedium WM. Als Wirbelmedium WM kommt der aus der Feuchtbraunkohle ausgetriebene und gereinigte Kohlenwasserdampf zum Einsatz, welcher über einzelne Rostdüsenböden 20 der Düsenboden-Einheit 5 in die Wirbelschichtzellen 18 eingeleitet wird.

Oberhalb der Wärmeübertrager-Einheit 5 geht die Braunkohlenschüttung in die Wirbelschicht über. Die Wirbelschicht setzt sich durch die Wärmeübertrager-Einheit 5 fort, und die fluidisierte Braunkohle fließt durch die Wirbelschichtzellen 18. Hierbei wird die Braunkohle vom Wirbelmedium WM in einen schwebearartigen Zustand versetzt. Die Menge an Wirbelmedium WM und die Anströmgeschwindigkeit sind so ausgelegt, daß in jeder Wirbelschichtzelle 18 eine homogene Wirbelschicht entsteht. Es liegen dann außerordentlich gute Verhältnisse für die Wärmeübertragung vor.

Auf dem Weg durch die Wärmeübertrager-Einheit 5 wird aus der nach unten sinkenden Braunkohle Kohlenwasser verdampft und der Wassergehalt auf eine Restfeuchte von ca. 10 % abgesenkt.

Der ausgetriebene Kohlenwasserdampf KWD gelangt dann in die Dampfsammelkammer 19 und von dort zur Nachbehandlung in eine Entstaubungsvorrichtung 21.

Trockenbraunkohle (Trockengut TG) wird über die Abzugseinheit 2 aus der Anlage 1 abgezogen. Wie die Figur 3 zeigt, umfaßt die Abzugseinheit 2 insgesamt acht Abzüge 22, welche jeweils einer Wirbelschichtzelle 18 zugeordnet sind. Aus den Abzügen 22 wird das Trockengut TG durch Einleitung eines pneumatischen Fördermediums FM abtransportiert.

Jeder Abzug 22 umfaßt in S-förmiger Konfiguration eine trichterartige Zulaufkammer 23 und eine dieser nachgeschaltete Ablaufkammer 24. Am Boden 25 der Ablaufkammer 24 ist eine Düseneinheit 26 angeordnet. Die Düseneinheit 26 wird über eine Rohrleitung 27 mit Fördermedium FM versorgt. Das Fördermedium FM strömt dann in der Ablaufkammer 24 aufwärts und fördert dabei das Trockengut TG über ein Schwellwehr 28 in eine der Ablaufkammer 24 nachgeschaltete Austragskammer 29.

Durch den kontinuierlichen Abtransport von Trockengut TG aus der Ablaufkammer 24 wird ständig Trockengut TG aus der Zulaufkammer 23 in die Ablaufkammer 24 mitgezogen. Zulaufkammer 23 und Ablaufkammer 24 sind durch eine Wand 30 in ihrem oberen Bereich voneinander getrennt. Unter der Wand 30 ist ein Durchgang 31 für die Überführung des Trockenguts TG von der Zulaufkammer 23 in die Ablaufkammer 24.

Von der in ihrem unteren Bereich schurrenartig ausgebildeten Austragskammer 29 gelangt die Trockenbraunkohle über eine Rohrleitung 32 aus der Anlage 1 und wird in Pufferbehälter 33 überführt. Aus den Pufferbehältern 33 kann die Trockenbraunkohle über eine Zellenradschleuse 34 zur Weiterverarbeitung geleitet werden.

Wie bereits erwähnt, ist die Wärmeübertrager-Einheit 5 kreisringförmig ausgeführt. Hierbei umschließt die Wärmeübertrager-Einheit 5 eine zentrale Dampfverteilerkammer 35. Die Dampfverteilerkammer 35 wird über die Rohrleitung 36 mit Heizdampf HD versorgt. Der Druck des Heizdampfs HD liegt üblicherweise bei etwa 10 bar. Der Anlagendruck einer druckaufgeladen betriebenen Dampf-Wirbelschicht-Trocknungsanlage beträgt üblicherweise 4 bar. Durch die Anordnung der Dampfverteilerkammer 35 innenliegend im Gehäuse 7 braucht die Dicke der Wandung 37 jedoch nur auf den Differenzdruck zwischen Anlagen- und Dampfdruck ausgelegt werden. Dies bringt erhebliche fertigungs- und anlagentechnische Vorteile mit sich.

Der Heizdampf HD verteilt sich gleichmäßig in der Dampfverteilerkammer 35 und tritt in die Wärmetauscherrohre 16 ein. Auf dem Weg durch die Wärmetau-

scherrohre 16 kondensiert der Heizdampf HD. Das Kondensat wird anschließend außen über eine hier nicht dargestellte Kondensatsammelleitung abgeführt.

Durch die kreisringförmige Ausbildung der Wärmeübertrager-Einheit 5 ist die Rohrteilung der Wärmetauscherrohre 16 außen größer als innen. Die Teilungsunterschiede sind anhand der Figur 4 technisch vereinfacht dargestellt. Die Rohrteilung innen ist mit t1, die Rohrteilung außen ist mit t2 gekennzeichnet. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Wärmetauscherrohren 16', 16" am äußeren Rohrboden 38 ist folglich größer als der Abstand zwischen den Wärmetauscherrohren 16', 16" am inneren Rohrboden 39. Der vertikale Durchtrittsquerschnitt  $Q_v$  zwischen den Wärmetauscherrohren 16', 16" nimmt folglich von innen nach außen hin zu. Diese Flächenänderung bewirkt ungleichmäßige Strömungsverhältnisse in der Wirbelschicht.

Aus diesem Grund ist zwischen den benachbarten Wärmetauscherrohren 16', 16" ein den vertikalen Durchtrittsquerschnitt  $Q_v$  vergleichmäßigender V-förmiger Einbau 40 vorgesehen. Hierdurch wird eine Gleichverteilung der Strömungsverhältnisse erreicht, so daß annähernd konstante Wirbelschichtverhältnisse vorliegen.

In der Figur 4 sind zwei mögliche Ausführungsvarianten eines Einbaus 40 dargestellt. Die linke Darstellung zeigt einen rotationssymmetrischen Verdrängungskörper 41 in Form eines Kegels, die rechte Darstellung zeigt einen kegelstumpfförmigen Verdrängungskörper 42.

In der Figur 5 ist eine andere Ausführungsform eines den vertikalen Durchtrittsquerschnitt vergleichmäßigenden Einbaus 43 dargestellt.

Der Einbau 43 besitzt zueinander relativbewegliche Bauteile 44, 45. Der äußere Bauteil 44 ist konisch und bildet einen Verdrängungskörper 46. Zentrisch von einer Spitze ausgehend weist der Verdrängungskörper 46 eine Bohrung 47 auf. Das Bauteil 45 ist als Zentrierstab 48 ausgebildet, welcher mit Schiebeseit in der Bohrung 47 geführt ist. Der Verdrängungskörper 46 ist am äußeren Rohrboden 49 und der Zentrierstab 48 am inneren Rohrboden 50 festgelegt.

Durch die relativbewegliche Anordnung der Bauteile 44, 45 können Wärmedehnungen infolge von im Betrieb auftretenden Temperaturdifferenzen ausgeglichen werden.

Wie der Figur 1 weiterhin zu entnehmen ist, ist die Entstaubungsvorrichtung 21 in die Dampfsammelkammer 19 integriert. Die Entstaubungsvorrichtung 21 umfaßt Gewebefilter 51, in denen der aus der Wirbelschicht-Trocknereinheit 3 austretende Kohlenwasserdampf KWD von seiner Staubbiladung befreit wird. Hierzu wird der staubbiladene Kohlenwasserdampf KWD zweckmäßigerweise radial in der durch die Pfeile (KWD) gekennzeichneten Richtung durch die Gewebefilter 51 geführt.

Oberhalb der Gewebefilter 51 ist eine druckluftbetriebene Abreinigungsvorrichtung 52 angeordnet. Über

Düsen 53 werden die Gewebefilter 51 mit Druckluft beaufschlagt und der abgelagerte Filterkuchen abgelassen.

Der abgeschiedene Staub fällt nach unten in einen Auffangtrichter 54. Ein solcher Auffangtrichter 54 ist hier der Übersicht halber nur in der rechten Bildhälfte von Figur 1 dargestellt.

Vom Auffangtrichter 54 gelangt der Staub über eine Rohrleitung 55, welche die Dampfsammelkammer 19 passiert, in den Abzug 22. Um einen Druckkurzschluß zu vermeiden, wird der Staub dem Abzug 22 in der Zulaufkammer 23 aufgegeben. Die Außenwand 56 des Aufnahmetrichters 54 dient auch zur Führung des Kohlenwasserdampfs KWD oberhalb der Wirbelschicht-Trocknereinheit 3, so daß er radial in die Gewebefilter 51 eintritt.

Der gereinigte Kohlenwasserdampf KWD wird dann oberhalb der Abreinigungsvorrichtung 52 über eine zentrale Saugleitung 57 mittels eines Radialverdichters 58 angesaugt. Der Radialverdichter 58 ist im Gehäuse 7 unterhalb der Wirbelschicht-Trocknereinheit 3 angeordnet. Der gereinigte Kohlenwasserdampf KWD tritt hier radial aus und wird als Wirbelmedium WM über Einlaßöffnungen 59 in die Rostdüsenböden 20 eingeleitet.

Überschüssiger Kohlenwasserdampf KWD kann über einen Abzug 60 aus der Anlage 1 abgeführt und beispielsweise in einer externen Turbine genutzt werden.

#### Bezugszeichenaufstellung

|      |  |
|------|--|
| 1    | - Dampf-Wirbelschicht-Trocknungsanlage |
| 2    | - Abzugseinheit                        |
| 3    | - Wirbelschicht-Trocknereinheit        |
| 4    | - Düsenboden-Einheit                   |
| 5    | - Wärmeübertrager-Einheit              |
| 6    | - Aufgabereinheit                      |
| 7    | - Gehäuse                              |
| 8    | - Zellenradschleuse                    |
| 9    | - Zellenradschleuse                    |
| 10   | - Schurre                              |
| 11   | - Schurre                              |
| 12   | - Trichter                             |
| 13   | - Trichter                             |
| 14   | - Rohrleitung                          |
| 15   | - Rohrleitung                          |
| 16   | - Wärmetauscherrohr                    |
| 16'  | - Wärmetauscherrohr                    |
| 16'' | - Wärmetauscherrohr                    |
| 17   | - Trennwand                            |
| 18   | - Wirbelschichtzelle                   |
| 19   | - Dampfsammelkammer                    |
| 20   | - Rostdüsenboden                       |
| 21   | - Entstaubungsvorrichtung              |
| 22   | - Abzug                                |
| 23   | - Zulaufkammer                         |
| 24   | - Ablaufkammer                         |
| 25   | - Boden                                |

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| 26             | - Düseneinheit                      |
| 27             | - Rohrleitung                       |
| 28             | - Schwellwehr                       |
| 29             | - Austragskammer                    |
| 30             | - Wand                              |
| 31             | - Durchgang                         |
| 32             | - Rohrleitung                       |
| 33             | - Pufferbehälter                    |
| 34             | - Zellenradschleuse                 |
| 35             | - Dampfverteilerkammer              |
| 36             | - Rohrleitung                       |
| 37             | - Wandung v. 35                     |
| 38             | - Rohrboden außen                   |
| 39             | - Rohrboden innen                   |
| 40             | - Einbau                            |
| 41             | - Verdrängungskörper                |
| 42             | - Verdrängungskörper                |
| 43             | - Einbau                            |
| 44             | - Bauteil v. 43                     |
| 45             | - Bauteil v. 43                     |
| 46             | - Verdrängungskörper                |
| 47             | - Bohrung                           |
| 48             | - Zentrierstab                      |
| 49             | - Rohrboden außen                   |
| 50             | - Rohrboden innen                   |
| 51             | - Gewebefilter                      |
| 52             | - Abreinigungsvorrichtung           |
| 53             | - Düsen                             |
| 54             | - Auffangtrichter                   |
| 55             | - Rohrleitung                       |
| 56             | - Außenwand                         |
| 57             | - Saugleitung                       |
| 58             | - Radialverdichter                  |
| 59             | - Einlaßöffnungen v. 20             |
| 60             | - Abzug                             |
| FG             | - Feuchtgut                         |
| TG             | - Trockengut                        |
| ML             | - Mittellängsachse                  |
| WM             | - Wirbelmedium                      |
| KWD            | - Kohlenwasserdampf                 |
| FM             | - Fördermedium                      |
| HD             | - Heizedampf                        |
| t1             | - Rohrteilung, innen                |
| t2             | - Rohrteilung, außen                |
| Q <sub>v</sub> | - vertikaler Durchtrittsquerschnitt |

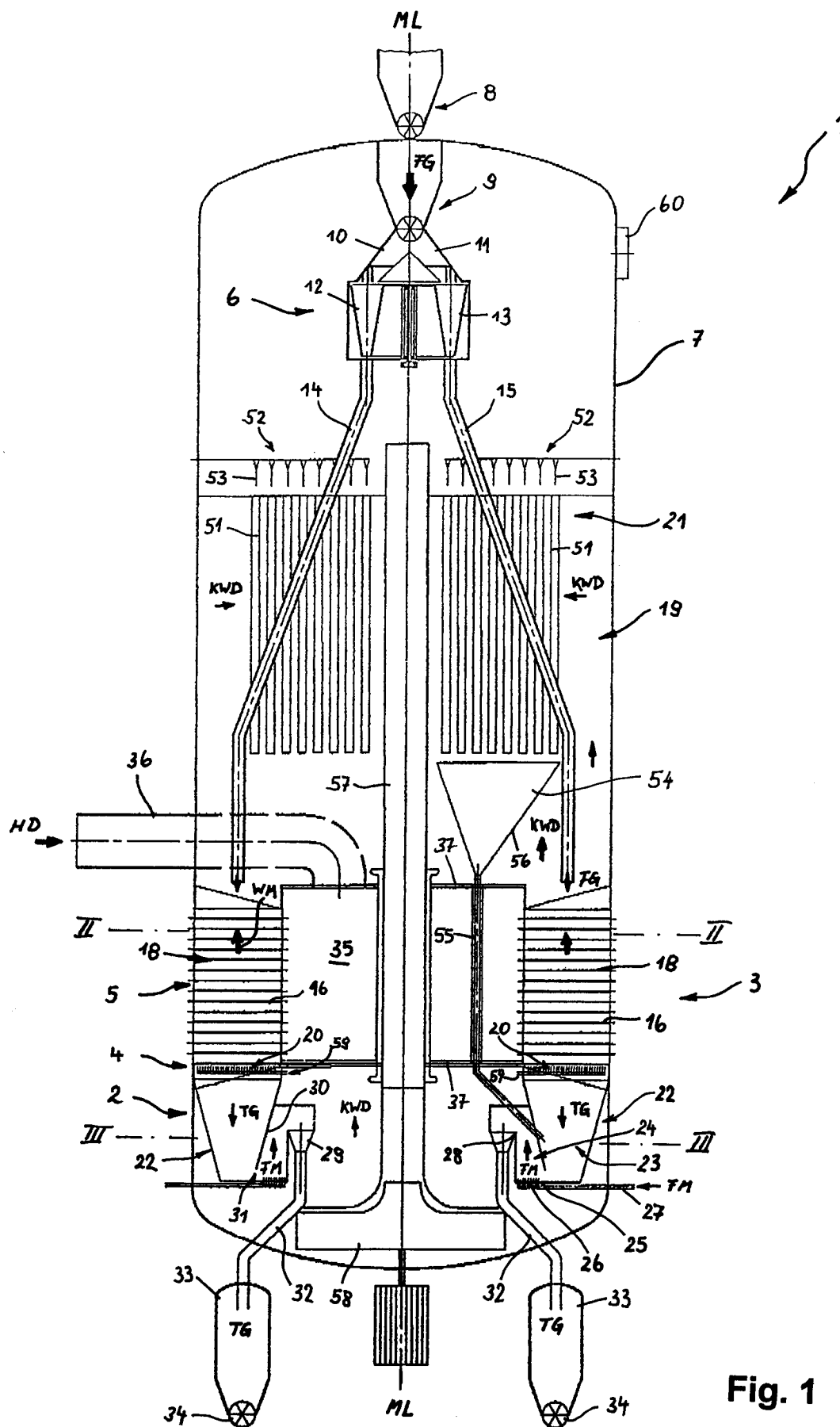
#### **Patentansprüche**

1. Anlage zur Dampf-Wirbelschicht-Trocknung von wasserhaltigen Feststoffen, welche eine Aufgabereinheit (6) für Feuchtgut (FG) und eine Wirbelschicht-Trocknereinheit (3) mit eingegliedelter Wärmeübertrager-Einheit (5) und Düsenboden-Einheit (4) sowie eine Abzugseinheit (22) für Trockengut (TG) umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmeübertrager-Einheit (5) kreisringförmig ausgeführt ist und sich zur vertikalen Mittellängsachse (ML) der Wirbelschicht-Trocknereinheit

(3) radial erstreckende Wärmetauscherrohre (16) aufweist.

2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmeübertrager-Einheit (5) durch eine Trennwand (17) in wenigstens zwei segmentartige Wirbelschichtzellen (18) unterteilt ist. 5
3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wärmeübertrager-Einheit (5) eine Dampfverteilerkammer (35) umschließt. 10
4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen zwei benachbarte Wärmetauscherrohre (16', 16'') den vertikalen Durchtrittsquerschnitt ( $Q_v$ ) vergleichmäßige V-förmige Einbauten (40, 43) vorgesehen sind. 15
5. Anlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Einbau (43) zwei zueinander relativ bewegliche Teile (44, 45) besitzt, von denen ein Teil (44) am äußeren Rohrboden (49) und der andere Teil (45) am inneren Rohrboden (50) festgelegt ist. 20
6. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß oberhalb aller Wirbelschichtzellen (18) eine gemeinsame Dampfsammelkammer (19) angeordnet ist. 25
7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Dampfsammelkammer (19) eine Entstaubungsvorrichtung (21) integriert ist. 30
8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trockengut (TG) durch ein in die Abzugseinheit (2) einleitbares pneumatisches Fördermedium (FM) abtransportierbar ist. 35
9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abzugseinheit (2) von mehreren Abzügen (22) gebildet ist und jeder Abzug (22) in S-förmiger Konfiguration eine Zulaufkammer (23) und eine nachgeschaltete Ablaufkammer (24) umfaßt, wobei am Boden (25) der Ablaufkammer (24) eine Düseneinheit (26) für das das Trockengut (TG) über ein die Ablaufkammer (24) von einer nachgeschalteten Austragskammer (29) trennendes Schwellwehr (28) hinweg fördernde Fördermedium (FM) angeordnet ist. 40 45 50
10. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufgabereinheit (6), die Wirbelschicht-Trocknereinheit (3) und die Abzugseinheit (2) in ein mit Druck beaufschlagbares Gehäuse (7) eingegliedert sind. 55





**Fig. 1**

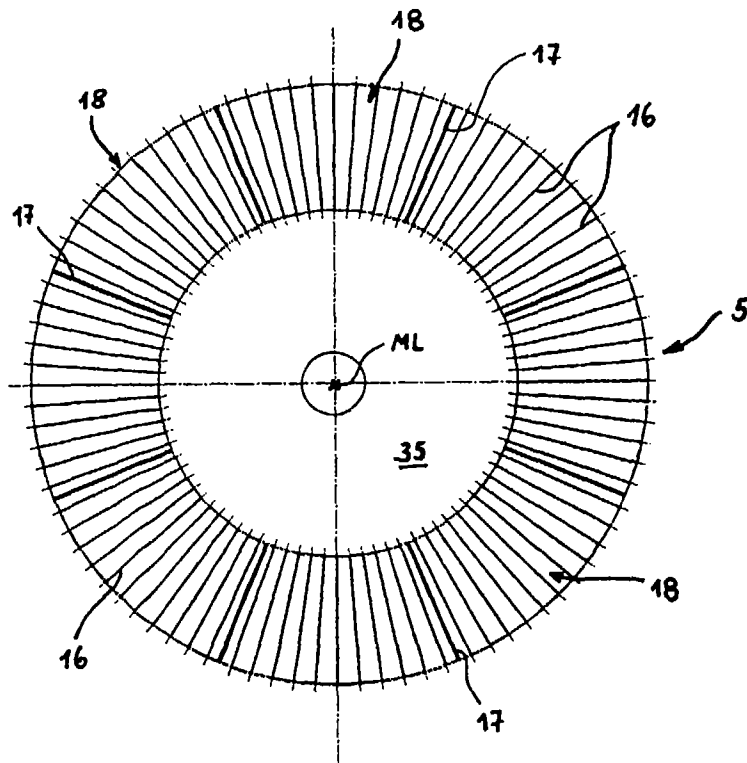


Fig. 2

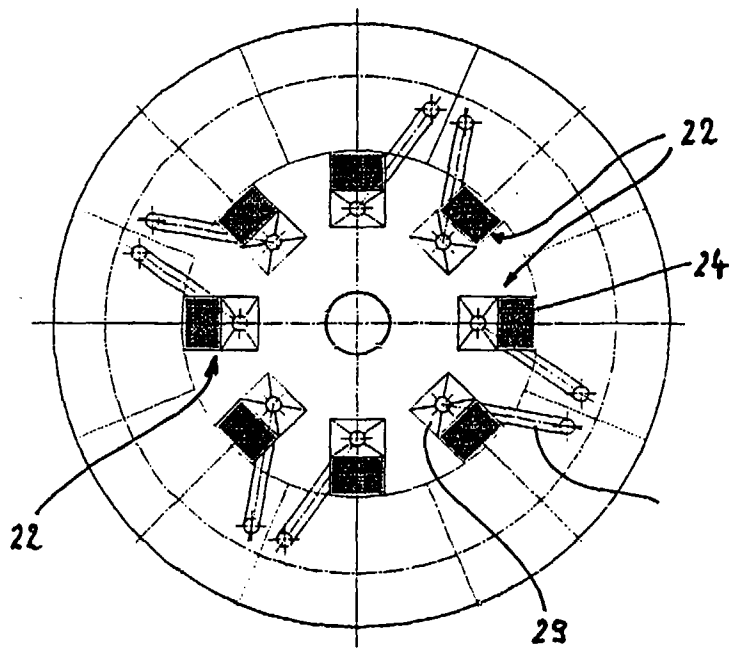


Fig. 3

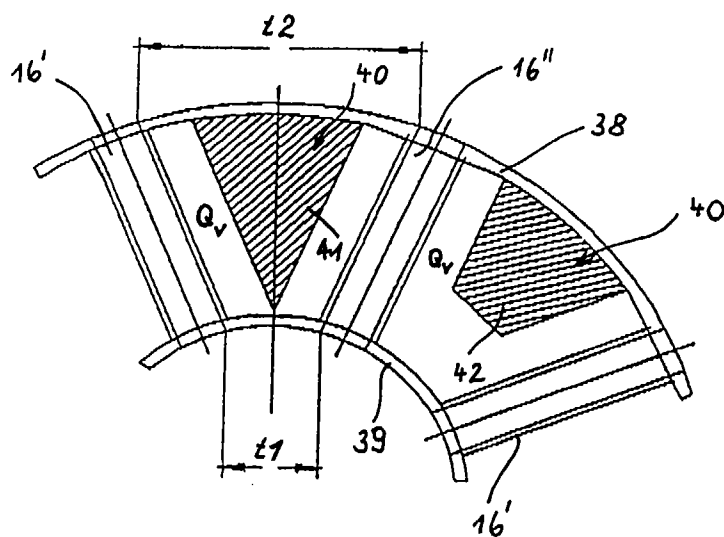


Fig. 4

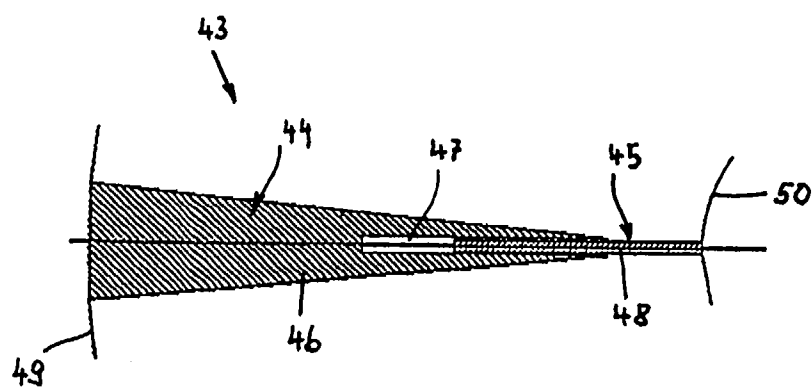


Fig. 5



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 10 5735

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE   |   |  |  |   |
|--|---|--|--|---|
| Kategorie  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                       | Betrifft<br>Anspruch                                 | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG (Int.Cl.6) |   |
| X  | AT 380 331 A (WAAGNER-BIRÓ<br>AKTIENGESELLSCHAFT)   | 1  | F26B3/084                                  |   |
| Y  | * das ganze Dokument *  | 6-8,10   |  |   |
| Y  | EP 0 713 070 A (POWDERING JAPAN K.K.)<br>* das ganze Dokument *   | 6,7  |  |   |
| Y  | DE 16 04 826 A (BECKER)<br>* das ganze Dokument *   | 8  |  |   |
| D,Y  | WO 92 01201 A (NIRO A/S)<br>* das ganze Dokument *  | 10   |  |   |
| X  | DE 30 25 924 A (POPP)<br>* das ganze Dokument *   | 1  |  |   |
| X  | EP 0 039 039 A (BERGWERKSVERBAND GMBH)<br>* Seite 11, Zeile 20 - Seite 12, Zeile 10;<br>Abbildungen 2,4 * | 1  |  |   |
| A  | DE 12 68 065 B (ARENCO AKTIEBOLAG)<br>* das ganze Dokument *  | 2,3  |  | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int.Cl.6) |
| A  | GB 715 836 A (F.L.SMIDTH & CO. A/S)<br>* Abbildung 1 *  | 3  |  | F26B                                    |
| A  | EP 0 343 407 A (WAAGNER-BIRO<br>AKTIENGESELLSCHAFT)<br>* Abbildung 7 *                                    | 6  |  |   |
| A  | DE 22 17 578 A (AKTIESELSKABET NIRO<br>ATOMIZER)  |  |  |   |
| A  | CH 462 721 A (SHIONOGI & CO., LTD.)   |  |  |   |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt  |   |  |  |   |
| Recherchenort<br><b>DEN HAAG</b>   |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>2.0ktober 1997</b> | Prüfer<br><b>Silvis, H</b>                 |   |
| <b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b><br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mchtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |   |  |  |   |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)