

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

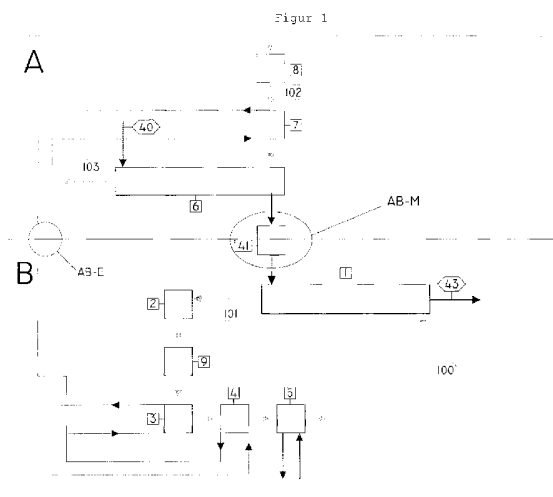
(21) Anmeldenummer: A 1673/2010
(22) Anmeldetag: 07.10.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2012

(51) Int. Cl. : **F26B 3/04** (2006.01)
F26B 9/08 (2006.01)
F26B 21/02 (2006.01)

(73) Patentanmelder:
MCI-MANAGEMENT CENTER INNSBRUCK
INTERNATIONALE HOCHSCHULE GMBH
A-6020 INNSBRUCK (AT)

(54) **TROCKNUNGSVERFAHREN UND TROCKNUNGSSYSTEM**

(57) Beschrieben werden ein System und ein Verfahren zur Trocknung eines nassen Materials/Schüttgutes, insbesondere von Biomasse. Das zu trocknende Material wird mit einer Transportvorrichtung zumindest teilweise durch einen Trocknungsraum (1) befördert. Erwärmte Luft wird durch den Trocknungsraum (1) im Wesentlichen entlang oder entgegen der Transportrichtung des zu trocknenden Materials geführt. Die Restwärme der Luft, die nach der Durchführung durch den Trocknungsraum noch vorhanden ist, wird mittels mindestens einer Wärme-tauschereinrichtung (3) dem System zurückgeführt, sodass der Energiebedarf zur Trocknung des Materials unterhalb der notwendigen Verdampfung-senthalpie von Wasser, und vorzugsweise unterhalb von 2.200 kJ/kg, besonders bevorzugt unterhalb von 1.500 kJ/kg und bevorzugt unterhalb von 1.000 kJ/kg, liegt.



Zusammenfassung

Beschrieben werden ein System und ein Verfahren zur Trocknung eines nassen Materials/Schüttgutes, insbesondere von Biomasse. Das zu trocknende Material wird mit einer Transportvorrichtung zumindest teilweise durch einen Trocknungsraum (1) befördert. Erwärmte Luft wird durch den Trocknungsraum (1) im Wesentlichen entlang oder entgegen der Transportrichtung des zu trocknenden Materials geführt. Die Restwärme der Luft, die nach der Durchführung durch den Trocknungsraum noch vorhanden ist, wird mittels mindestens einer Wärmetauschereinrichtung (3) dem System zurückgeführt, sodass der Energiebedarf zur Trocknung des Materials unterhalb der notwendigen Verdampfungsenthalpie von Wasser, und vorzugsweise unterhalb von 2.200 kJ/kg, besonders bevorzugt unterhalb von 1.500 kJ/kg und bevorzugt unterhalb von 1.000 kJ/kg, liegt.

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Trocknungsverfahren und Trocknungssystem, insbesondere ein System und ein entsprechendes Verfahren zur Trocknung eines feuchten Materials wie feuchte Schüttgüter, und Biomasse bzw. kohlenstoffhaltigen Rohstoffe, insbesondere von Holzhackgut. Das erfindungsgemäße System basiert insbesondere auf einer Vor-Trocknungsvorrichtung mit einer nachgeschalteten Trocknungsvorrichtung, wobei die zu trocknende Gut vorzugsweise mittels Spiralförderer durch die Vor-Trocknungsvorrichtung und/oder Trocknungsvorrichtung transportiert wird. Durch effiziente Wärmerückführung bzw. Energiekopplung zwischen der Vor-Trocknungsvorrichtung und der Trocknungsvorrichtung wird ein effizientes und energiesparendes System und Verfahren bereitgestellt.

Hintergrund der Erfindung

Biogene Schüttgüter wie Hackschnitzel, Rindenmulch oder generell Schredderprodukte aus der Forstwirtschaft, werden immer häufiger thermisch in Heizwerken verwertet. Aufgrund ihres hydrophilen Verhaltens ziehen derartige Schüttgüter während ihrer Lagerung im Freien, bei entsprechenden Umgebungsbedingungen, enorme Mengen von Wasser an bzw. nehmen Wasser auf. Ein Wassergehalt bis 60% der Gesamtmasse ist keine Seltenheit. Neben dem Umstand, dass diese Feuchtigkeit den biologischen Abbauprozess des Brennstoffes stark beschleunigt (Energieverlust während der Lagerung), muss der Wasseranteil jedenfalls vor bzw. während der thermischen Verwertung entfernt bzw. verdampft werden. Der Heizwert von Holz kann dadurch beispielsweise von 15 MJ/kg (bei 18% Wassergehalt) auf 6 MJ/kg (bei 60% Wassergehalt) herabgesetzt sein. Neben einem verschlechterten Verbrennungsverhalten, welches sich negativ auf den Wirkungsgrad bei thermischer Verwertung – beispielsweise in Heizwerken – auswirkt, erhöht sich mit steigendem Wasseranteil vor allem die benötigte Brennstoffmenge.

Die technische Trocknung von Schüttgütern zählt zu den Grundverfahren der thermischen Verfahrenstechnik. Band-, Trommel- und Wirbelschichttrockner sind in der Lage, große Mengen an Schüttgüter schnell, aber mit erheblichem Energieeinsatz, zu trocknen. Umlufttrockner benötigen geringe Mengen an thermischer Energie, sind jedoch neben jahreszeitlichen Schwankungen sehr langsam und zum Teil ineffizient.

Biogene Schüttgüter besitzen eine Eigenschaft, die es schwierig macht, sie mit diesen herkömmlichen Trocknungsverfahren zu entwässern. Ihr spezifischer Energieinhalt respektive ihr Heizwert pro Volumen ist derartig gering, dass allein durch die hohen Investitionskosten für die vorstehend erwähnten Trocknungssysteme, der Großteil der Anlagen nicht ökonomisch betrieben werden kann. Im Folgenden werden Vor- und Nachteile – vor dem Hintergrund der Verwendung für die Trocknung von Biomasse – unterschiedlicher Trocknungssysteme, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, diskutiert.

Bandtrockner sind eines der am häufigsten umgesetzten Trocknungskonzepte. Die einfachste Möglichkeit, Gut auf einem Förderband zu trocknen ist, die Trocknungsluft über das Gut hinwegzuleiten. Im Regelfall wird die Trocknungsluft durch ein perforiertes Förderband ge-

drückt, was direkt die Nachteile eines Bandrockners impliziert. Wird die Schüttung nicht homogen aufgebracht, strömt die Luft durch jenen Bereich des geringsten Widerstandes, was zu einer inhomogenen Trocknung führt. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Trocknungsluft durch das Band gedrückt werden muss, was sich durch einen erhöhten Druckverlust negativ auf die Betriebskosten auswirkt. Aufgrund des unterschiedlichen Wassergehalts auf dem Trocknerband ist es bedingt möglich, spezifische Größen für den Abgasstrom, d.h. den Luftstrom, der den Trockner verlässt, anzugeben. Dies erklärt warum der Abgasstrom von Bandrocknern typischerweise eine relative Luftfeuchtigkeit von beispielsweise 70% hat. Der thermische Energiebedarf von Bandrocknern liegt beispielsweise zwischen 3.000 und 6.000kJ/kg entferntem Wasser (Verdampfungsenthalpie von Wasser bei 100°C: 2.250 kJ/kg Wasser).

Trommeltrockner, bei denen das Gut in einem beheizten, rotierenden Drehrohr bewegt wird, werden hauptsächlich in Großanlagen mit einer Wasserverdampfungsleistung von bis zu 50t/h eingesetzt. Speziell in der Späne verarbeitenden Industrie werden Trommeltrockner eingesetzt, da ihre Haupteinsatzgebiete im Bereich rieselfähiger, poröser Schüttgüter liegt. Für die Trocknung klebriger bzw. pastöser Stoffe eignen sich Trommeltrockner weniger, da diese Stoffe die Wandung des Trommeltrockners verkleben können und so den Wärmeübergang verschlechtern. Im Realfall wird selten eine Abgaskondensation eingesetzt, der Grund hierfür liegt in der Staubbelegung des Wärmetauschers. Die Staubbelegung des Wärmetauschers führt zu einem erhöhten Druckverlust und einem verschlechtertem Wärmeübergang. Reale Werte für den spezifischen Energiebedarf eines Trommeltrockners lassen sich mit 3.000-10.000kJ/kg verdampftes Wasser beziffern.

Aufgrund ihrer einfachen Bauweise und des geringen spezifischen thermischen Energieverbrauchs werden Umlufttrockner häufig in der Landwirtschaft eingesetzt. Das zu trocknende Gut wird dabei auf Schüttungen aufgebracht und mittels Umgebungsluft von unten durchströmt. Der Trocknungsverlauf ist daher hauptsächlich von der Umgebungstemperatur, aber auch von Luftfeuchtigkeit, Schüttungshöhe und Trocknungsluftmenge abhängig. Speziell im Winter, wenn die größte Menge an Energie benötigt wird, liefert dieses System den geringsten Output und ist daher für technische Anwendungen nur bedingt geeignet.

Schneckentrockner sind relativ komplex aufgebaute Systeme, welche über eine Mantelheizung, sowie häufig über eine Beheizung der Förderschnecken verfügen. Als Förderschnecke bezeichnet man eine Welle, um die ein oder mehrere schneckenförmig gewundene Gänge in Form von flachen Blechen gewandelt werden. Häufigste Ausführung ist ein Schneckenwärmetauscher, welcher pastöse Stoffe temperiert. Der Vorteil dieses Systems ist, dass auch Kristallisationsvorgänge im Trockner kein Problem darstellen. Hauptsächliche Nachteile sind die hohen Investitionskosten sowie hohe Betriebskosten, welche insbesondere durch den Druckverlust in der Schnecke hervorgerufen werden.

Wirbelschichttrockner sind Trockner, die durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten Partikel fluidisieren und diese durch einen intensiven Stoff und Wärmeaustausch trocknen. Der Hauptein-

satzbereich liegt in der chemischen Industrie bzw. Kohlestaubtrocknung und zeichnet sich bei größeren Partikeln durch einen enormen elektrischen Aufwand für Gebläse aus. In der Biomasse-trocknung wurde eine Wirbelschichttrocknung noch nicht realisiert.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine der Grundproblematiken bei der Trocknung von Biomasse die hohe Verdampfungsenthalpie von Wasser (2.250 kJ/kg bei 100°C) ist, welche im Zuge des Trocknungsprozesses aufgebracht werden muss. Die aus dem Stand der Technik bekannten Hochtemperatur-Trocknungssysteme sind zwar in der Lage, große Mengen an Material schnell zu verarbeiten und zu trocknen, brauchen jedoch ein Vielfaches dieser Energiemenge pro Kilogramm Wasser. Aufgrund der relativ geringen Energiedichte von Biomasse und der vergleichsweise hohen Wasseranteile würde für eine Trocknung in einem solchen Verfahren die komplette Energie der Biomasse für die Trocknung aufgewendet werden. Gewissermaßen das Gegenteil zu Hochtemperaturtrockner sind Umlufttrockner, welche ohne thermische Zusatzenergie auskommen und diese ausschließlich aus der Umgebung beziehen. Hiermit gelingt jedoch kein effizienter Trocknungsprozess. Vor allem während der kalten Jahreszeit kann die Luft nur wenig mit Wasser beladen werden – genau in dieser Zeit werden jedoch maximale Mengen an trockenem Brennstoff benötigt. Ein hoher elektrischer Eigenenergiebedarf aufgrund enormer Luftmengen ist die Folge. Aktuelle Systeme sind nicht in der Lage, biogene Schüttgüter effizient und ökonomisch zu trocknen.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes System und ein entsprechendes Verfahren zur Trocknung von Material, insbesondere Schüttgütern und Biomasse bzw. kohlenstoffhaltigen Rohstoffen bereitzustellen. Insbesondere ist es eine Aufgabe, ein System und ein entsprechendes Verfahren zur Trocknung bereitzustellen, das energiesparend arbeitet, wobei der Energiebedarf zur Trocknung vorzugsweise unterhalb der notwendigen Verdampfungsenthalpie von Wasser liegt. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein effizientes, vorzugsweise günstiges und integratives Trocknungssystem bzw. Verfahren bereitzustellen, welches auf die Anforderung dieser „neuartigen“ Schüttgüter mit relativ geringem Heizwert abgestimmt ist.

Diese Aufgaben werden durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

Erfindungsgemäß werden ein System sowie ein Verfahren zur Trocknung eines flüssigkeitshaltigen Materials, insbesondere von Biomasse, bereitgestellt, wobei das Verfahren vorzugsweise die folgenden Verfahrensschritte aufweist. Das flüssigkeitshaltige Material wird mittels einer Transportvorrichtung zumindest teilweise durch einen Vor-Trocknungsraum und/oder einen Trocknungsraum befördert. Während des Transports durch den Vor-Trocknungsraum und/oder Trocknungsraum kann das Material vorzugsweise mehrfach gewendet werden. Mittels eines erwärmten/erhitzten Gases – vorzugsweise Luft –, das ebenfalls durch den Vor-Trocknungsraum und/oder Trocknungsraum durchgeführt wird, kann die im Material enthaltene Flüssigkeit – vorzugsweise Wasser – zumindest teilweise abgeführt bzw. entfernt werden, d.h. das Material kann getrocknet werden. Die Durchführungsrichtung bzw. Strömungsrichtung des erwärm-

ten/erhitzten Gasstroms ist vorzugsweise entgegen der Transportrichtung des Materials gerichtet, kann jedoch auch mit der Transportrichtung des Materials gleichgerichtet sein.

Der Vor-Trocknungsraum und der Trocknungsraum sind vorzugsweise ähnlich gestaltet. So kann beispielsweise der Vor-Trocknungsraum und/oder der Trocknungsraum eine zumindest teilweise zylinderförmige Trommel aufweisen, innerhalb derer die Transportvorrichtung, vorzugsweise in Form eines Spiralförderers, angeordnet ist. Im Gegensatz zu einer Förderschnecke, die eine Schneckenwelle mit daran angebrachtem Schneckengewinde aufweist, besitzt der erfindungsgemäße Spiralförderer vorzugsweise keine zentrale Welle, um eine Spirale bzw. Wendel zu stützen ("wellenlose Förderspirale"). Mit anderen Worten der Spiralförderer wird vorzugsweise durch eine selbsttragende Wendel bzw. Spirale bzw. Schraube gebildet.

Der Freiraum in der Mitte der Wendel wird dabei als „Seele“ bezeichnet. Diese Konstruktion ermöglicht, dass ein Gas entlang der Seele durch die Wendel geführt werden kann. Es kann jedoch vorteilhaft sein, innerhalb der Seele Stützkonstruktionen vorzusehen, wobei die Stützkonstruktionen jedoch nicht den gesamten Hohlraum der Seele ausfüllen. Der erfindungsgemäße Spiralförderer mit "Seele" hat den Vorteil, dass entlang der geometrischen Mittelachse des Spiralförderers die erwärmte/erhitzte Luft zum Trocknen des Materials ungehindert durchgeführt werden kann, d.h. es kann eine effiziente Wärmeübertragung von der Luft an das geförderte Material stattfinden. Eine optional innerhalb der Seele angebrachte Stützkonstruktion sollte derart ausgeführt sein, dass Gas im Wesentlichen entlang der Achse der Wendel durchströmen kann, d.h. die Stützkonstruktion sollte im Gegensatz zu einer Welle einer Förderschnecke nicht massiv ausgebildet sein und Öffnungen aufweisen, die einen Gasfluss erlauben. Beispielsweise könnte eine Stützkonstruktion radial angeordnete Speichen aufweisen.

Ähnlich wie bei der Förderschnecke wird die Wendel für den Transport des Materials gedreht, d.h. das Förderprinzip entspricht vorzugsweise dem einer archimedischen Schraube.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der Vor-Trocknungsraum und/oder Trocknungsraum selbst als zylinderförmige Trommel, ovalförmiges Rohr oder als Rohr mit einem zumindest teilweise (kreis)bogenförmigen Querschnitt ausgebildet, in deren/dessen Inneren ein rotierender Spiralförderer das Material von einem Material-Eintrag zum einem Material-Austrag befördert. Vorzugsweise hat das Rohr bzw. die Trommel zumindest unten einen (kreis)bogenförmigen Querschnitt der im Wesentlichen der Bogenform des rotierenden Spiralförderers in Form und Größe entspricht, um einen effektiven Transport des Materials zu gewährleisten.

Vorzugsweise sind an dem Spiralförderer mit Seele zusätzliche Wendevorrichtungen angebracht, wodurch das zu trocknende Material innerhalb des Vor-Trocknungsraums und/oder des Trocknungsraums gewendet werden kann. Beispielsweise können Schaufeln an dem Spiralförderer ein Durchmischen bzw. Wenden beschleunigen.

Das erfindungsgemäß bevorzugte Spiralfördersystem ähnelt in gewisser Hinsicht einem Trommeltrocknungssystem. Ein wesentlicher Unterschied dabei besteht jedoch darin, dass sich nicht die ganze Trommel dreht, sondern vorzugsweise nur der Spiralförderer und vorzugsweise

nicht die Trommel. Dadurch kann ein deutlich günstiger (Vor-)Trockner realisiert werden, dessen Eigenenergiebedarf deutlich reduziert ist.

Nach Durchführung des erwärmtes/erhitzten Gases durch den Trocknungsraum wird die im Gas enthaltene "Restenergie" mittels mindestens einer Wärmeübertragereinrichtung/ Wärmetauschereinrichtung – vorzugsweise einem Kondensator – dem erfindungsgemäßen System zurückgeführt. Die gewonnene Energie kann beispielsweise zum Vorwärmen des oben genannten Gasstroms dienen, wobei der vorgewärmte Gasstrom anschließend weiter erhitzt und danach durch den Trocknungsraum durchgeführt wird, und/oder kann zum Erwärmen eines Vor-Trocknungsgasstroms verwendet werden. Der Energiebedarf zur Trocknung des Materials (im Folgenden auch als Gut bezeichnet) kann durch die effiziente Energierückgewinnung unterhalb der notwendigen Verdampfungsenthalpie von Wasser, und vorzugsweise unterhalb von 2.200 kJ/kg, besonders bevorzugt unterhalb von 1.500 kJ/kg und bevorzugt unterhalb von 1.000 kJ/kg gedrückt werden.

Das erfindungsgemäße System wird vorzugsweise als "Niedertemperaturtrockner" ausgebildet, d.h., die Temperatur des erwärmten Gases, das in den Trocknungsraum eingeführt wird (im Folgenden auch vereinfacht als Trocknungsluft bezeichnet), beträgt vorzugsweise zwischen 80°-240°C. Vorzugsweise liegt die Trocknungsluft nicht über der Zündtemperatur des zu trocknenden Gutes. So kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Trocknungsluft mit den üblichen Vor- bzw. Rücklauftemperaturen von Heizwerken oder Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlage) erwärmt werden, d.h. auf Temperaturen zwischen ca. 70-110°C. D.h. die relativ geringen Temperaturen können in dem erfindungsgemäßen System effektiv für die Trocknung von Biomasse verwendet werden.

Aufbauend auf diesem bevorzugten Niedertemperaturkonzept ist es insbesondere mittels Auswahl bestimmter Eingangs- und Austrittstemperaturniveaus, vorzugsweise in Verbindung mit speziellen Wärmetauschern, zudem möglich, den effektiven Energiebedarf zur Verdampfung von Wasser weit unter das Niveau der Verdampfungsenthalpie zu senken. Die Realisierung des erfindungsgemäßen Niedertemperaturkonzeptes mit einer effizienten Energierückgewinnung wird später anhand eines konkreten bevorzugten Beispiels diskutiert werden. Laut Berechnungen ist theoretisch ein thermischer Energieverbrauch von unter 800 kJ/kg Wasser möglich. Werden Verlustquellen wie nicht ideale Wärmetauscher, Abstrahlung etc. berücksichtigt, so ist erfindungsgemäß ein Wert von unterhalb 1.500 kJ/kg Wasser erreichbar. Ohne die erfindungsgemäße Wärmerückführung würde ein Trockner mit identischen Betriebsparametern ca. 4.500 kJ/kg Wasser benötigen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann das erfindungsgemäße System für eine effiziente Energierückgewinnung bzw. Energieverwertung in mindestens zwei Abschnitte zerlegt werden; in einen Vor-Trocknungsabschnitt A und einen Trocknungsabschnitt B. Vorzugsweise wird Material zuerst in dem Vor-Trocknungsabschnitt vorgetrocknet und dann an den Trocknungsabschnitt überführt, d.h. es existiert eine "Schnittstelle" zwischen dem Vor-Trocknungsab-

schnitt und dem Trocknungsabschnitt für einen Materialübertrag. Zudem wird vorzugsweise Energie vom Trocknungsabschnitt B zum Vor-Trocknungsabschnitt A übergeben, d.h., es existiert eine "Schnittstelle" zwischen dem Trocknungsabschnitt und dem Vor-Trocknungsabschnitt für den Energieübertrag. Der Vor-Trocknungsabschnitt unterscheidet sich zudem zumindest in einem der nachfolgenden Merkmale von dem Trocknungsabschnitt.

Vorzugsweise hat die durch den Trocknungsraum des Trocknungsabschnitts durchgeführte Trocknungsluft eine höhere Temperatur als die Vor-Trocknungsluft, die durch den Vor-Trocknungsraum des Vor-Trocknungsabschnitts durchgeführt wird. Die Temperaturniveaus sind neben der Umgebungstemperatur und Umgebungsfeuchte von der Temperatur der zugeführten Luft abhängig.

Vorzugsweise wird die Trocknungsluft durch den Trocknungsraum mit einer geringeren Strömungsrate (m^3/h) durchgeführt als die Vor-Trocknungsluft, die durch den Vor-Trocknungsraum durchgeführt wird, d.h. die Strömungsrate ist im Vor-Trocknungsraum vorzugsweise höher als im Trocknungsraum. Allgemein ist ein Strömungsratenverhältnis von 1/2,5 bis 1/7 bevorzugt.

Vorzugsweise wird die Trocknungsluft im Trocknungsabschnitt in einem geschlossenen Kreislauf geführt und/oder die Vor-Trocknungsluft des Vor-Trocknungsabschnitts in einem offenen "Kreislauf" durch den Vor-Trocknungsraum geführt.

Vorzugsweise wird das zu trocknende Material mit einer Transportvorrichtung zumindest teilweise durch einen Vor-Trocknungsraum, der einen Teil des Vor-Trocknungsabschnitts darstellt, befördert. Auch während der Vor-Trocknung kann das Material innerhalb des Vor-Trocknungsraums mehrfach gewendet werden. Entsprechend dem oben beschriebenen Trocknungsprozess wird eine Vor-Trocknungsluft durch den Vor-Trocknungsraum vorzugsweise im Wesentlichen entgegen der Transportrichtung des Materials durchgeführt. Das durch die Vor-Trocknungsluft vorgetrocknete Material wird anschließend an den Trockenraum übergeführt.

Erfindungsgemäß wird im Trocknungsabschnitt die erwärmte und durch den Trocknungsraum durchgeführte Luft vorzugsweise in einem Trocknungsluftkreislauf erwärmt und abgekühlt, wobei der Trocknungsraum vorzugsweise ein Teil des Trocknungsluftkreislaufes bildet.

Insbesondere aufgrund von Dampfdruckunterschieden zwischen der Trocknungsluft und dem im Material gespeicherten Wassers wird das gebundene Wasser aus dem Material getrieben und von der Luft aufgenommen.

Erfindungsgemäß kann die (Flüssigkeits-)Speicherkapazität der Trocknungsluft innerhalb des Trocknungsraumes voll oder nur teilweise ausgenutzt werden, d.h. die relative Luftfeuchtigkeit der abgegebenen Trocknungsluft (d.h. der Trocknungsluft nach durchströmen des Trocknungsraumes) liegt vorzugsweise zwischen 75% - 95%.

Innerhalb dieses Trocknungsluftkreislaufs weist das erfindungsgemäße System mindestens einen Wärmetauscher zum Erwärmen/Erhitzen der Luft auf, die dem Trocknungsraum zugeführt wird, und vorzugsweise mindestens einen Wärmetauscher, vorzugsweise Kondensator zum Ab-

kühlen der Luft, die von dem Trocknungsraum abgegeben wird. Der erste Wärmetauscher zum Erwärmen/Erhitzen der Luft wird mit Energie betrieben, die dem System von einer externen Energiequelle zugeführt wird, beispielsweise in Form von Wärmeenergie von einem Heizwerk oder einer KWK-Anlage. Die Energie, die mit dem Wärmetauscher bzw. Kondensator zum Abkühlen der Luft, die von dem Trocknungsraum abgegeben wird, gewonnen wird, wird dem System selbst wieder zurückgeführt, d.h. vorzugsweise dem Trocknungsabschnitt und/oder dem Vor-Trocknungsabschnitt.

Um eine im wesentlichen störungsfreie und eine vorzugsweise effektive Wärmeübertragung bzw. Energierückgewinnung mit Hilfe des zuletzt genannten Wärmetauschers/Kondensators zu erzielen, wird die Luft nach Durchführung durch den Trocknungsraum, vorzugsweise mittels einer Filtereinheit und/oder eines Staubabscheiders, gefiltert, d.h. die Filtereinheit bzw. Staubabscheidereinheit ist vorzugsweise stromaufwärts vom Wärmetauscher bzw. Kondensator und stromabwärts des Trocknungsraums angeordnet. Mit Hilfe dieses Wärmetauschers bzw. Kondensators wird die abgegebene Luft weiter abgekühlt und oder der Wassergehalt in der Luft reduziert bzw. entfernt, wodurch Energie gewonnen wird die dem System zurückgeführt wird.

Ein Kondensator bzw. eine Energie- und Wassersenke dient vorzugsweise neben der Abkühlung der Flüssigkeitsentfernung (Wasserentfernung) aus der Trocknungsluft. Insbesondere wird die durch Kondensation gewonnene Energie vorzugsweise dazu verwendet, um das Material in der Vor-Trocknungseinheit vorzutrocknen. Die durch den Wärmetauscher bzw. Kondensator gewonnene Energie kann alternativ oder zusätzlich dazu verwendet werden, um die Trocknungsluft innerhalb des Trocknungsluftkreislaufs vorzuwärmen, wobei die vorgewärmte Trocknungsluft anschließend mit Hilfe einer externen Energiequelle weiter erwärmt/erhitzt wird und dem Trocknungsraum zugeführt wird.

Erfindungsgemäß wird ein erheblicher Anteil der in der Trocknungsabluft enthaltenen Energie mit Hilfe einer Energie- und Wassersenke, insbesondere in Form eines Kondensators, bei relativ geringen Temperaturen betrieben. Mit anderen Worten, im Gegensatz zu gekannten Brüdenkondensatoren, die bei sehr hohen Temperaturen betrieben werden (etwa bei der Siedetemperatur des Wassers), wird der erfindungsgemäße Kondensator vorzugsweise in einem Temperaturbereich unter 70°C betrieben, vorzugsweise unter 60°C, beispielsweise unter 50°C. Vorzugsweise wird die Betriebstemperatur des Kondensators je nach Temperatur der Trocknungsluft und Temperatur der Umgebungsluft abgestimmt. D.h. es wird relativ viel Energie, jedoch auf einem relativ niedrigen Temperaturniveau gewonnen. Diese relativ niedrige Temperatur, die je nach bevorzugter Ausführungsform zwischen ca. 30 und 70°C liegt, kann erfindungsgemäß jedoch (i) für einen Vor-Trocknungsprozess verwendet werden und/oder (ii) zur Vor-Erwärmung der Trocknungsluft dienen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Temperatur der in den Trocknungsraum zugeführten Luft höher ist als die Temperatur der in den Vor-Trocknungsraum zugeführten Luft. So liegt die Temperatur der in den Vor-Trocknungsraum zugeführten Luft vor-

zugsweise zwischen 20-80°C, weiter bevorzugt zwischen 40-70°C. Vorzugsweise ist die dem Vor-Trocknungsraum zugeführte Luft erwärmte Umgebungsluft, die nach der Durchführung durch den Vor-Trocknungsraum an die Umgebung zurückgeführt wird (d.h. offener Luftkreislauf). Die Temperatur der in den Trocknungsraum zugeführten Luft liegt vorzugsweise zwischen 80-240°C, weiter bevorzugt zwischen 180-240°C und für Hackgut besonders bevorzugt zwischen 110-150°C.

Die Erwärmung des Gases in Schritt (i) wird vorzugsweise mittels Gas-Flüssig-Wärmetauscher durchgeführt, wobei die nach der Gaserwärmung abgekühlte Flüssigkeit zum Abkühlen und optional zum Kondensieren des Gases dient, das vom Trocknungsraum abgegeben wird. Vorzugsweise wird als Gas-Flüssig Wärmetauscher ein Luft-Flüssig-, ein Gas-Wasser- bzw. ein Luft-Wasser-Wärmetauscher verwendet, wobei die Temperaturspreizung zwischen Gaseintritt-Flüssigkeitsaustritt und Gasaustritt-Flüssigkeitseintritt vorzugsweise gering ist, beispielsweise maximal 10 °C beträgt, vorzugsweise ca. 3°C oder weniger beträgt.

Erfindungsgemäß wird als Trocknungsgas Luft verwendet, mit deren Hilfe vorzugsweise Wasser aus dem Material entfernt wird. Die relative Luftfeuchte am Austritt des Trocknungsraums liegt vorzugsweise zwischen 75% und 95% relative Feuchte. Die Temperatur der Luft am Austritt des Trocknungsraums liegt vorzugsweise zwischen 20°C und 90°C.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Trocknungssystems gegenüber bekannten Trocknungssystemen aus dem Stand der Technik werden im Folgenden kurz zusammengefasst. Ein Trommeltrockner aus dem Stand der Technik ist üblicherweise sehr teuer in der Installation wie auch während des Betriebs, wohingegen das erfindungsgemäße Trocknungssystem mit einem Spiralförderer als Transportmechanismus kostengünstig zu installieren und zu betreiben ist. Insbesondere erfordern Trommeltrockner einen hohen thermischen Energieverbrauch, wohingegen die erfindungsgemäße Energierückgewinnung bzw. Energierückführung bzw. Energieweiterverwertung ein sehr effizientes Trocknungssystem darstellt.

Umlufttrockner haben ähnlich wie Trommeltrockner einen hohen Energieverbrauch, d.h. der Wirkungsgrad ist im Vergleich zu dem System der vorliegenden Erfindung deutlich schlechter. Insbesondere kann der Energieverbrauch der vorliegenden Erfindung beispielsweise durch geringe Umdrehungszahl des Spiralförderers reduziert werden. Zudem ist mit dem erfindungsgemäßen Spiralförderer ein Trocknungssystem mit geringen Druckverlusten realisierbar. Umlufttrockner haben oft auch das Problem, dass der Feuchtegrad des getrockneten Endproduktes relativ unbestimmt ist. Durch Anpassung der einzelnen Parameter zum Betreiben des erfindungsgemäßen Systems kann der Feuchtegrad des getrockneten Materials relativ gut vorhergesagt werden.

Mit anderen Worten, durch die erfindungsgemäße effiziente Energie- bzw. Wärmerückgewinnung im erfindungsgemäßen System selbst, beispielsweise durch Nutzung von Niedertemperaturabwärme und/oder durch Kombination etablierter Komponenten sowie innovativer Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik ist das erfindungsgemäße System bzw. Verfahren insbeson-

dere auch für niederenergetische Stoffe wie Biomasse wirtschaftlich rentabel.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Figuren beschrieben:

- Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform eines Trocknungssystems mit einer Vor-Trocknung und einer Trocknung in Form eines Blockschemas;
- Figur 2 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Trocknungssystems mit einer Vor-Trocknung sowie einer Trocknung und ist zusätzlich mit beispielhaften Werten für Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit versehen;
- Figur 3 zeigt ein h-x-Diagramm (Mollier-Diagramm) des in Figur 2 dargestellten schematischen Trocknungsverlaufs

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform eines Trocknungssystems mit erfindungsgemäßer Energierückgewinnung. Die dargestellte Ausführungsform kann in einen Vor-Trocknungsabschnitt A (oben) und eine Trocknungsabschnitt B (unten) unterteilt werden. Die beiden Abschnitte sind über mindestens zwei "Schnittstellen" miteinander gekoppelt, nämlich eine "Materialschnittstelle"(AB-M) und eine "Energieschnittstelle"(AB-E). Vorzugsweise wird das Material im Abschnitt A vorgetrocknet und über die Materialschnittstelle zum Abschnitt B überführt. Andererseits wird Energie, vorzugsweise zurückgewonnene Energie, vom Abschnitt B zum Abschnitt A überführt.

Trocknungsabschnitt B: Zur Trocknung des Guts wird mittels Gebläse 9 im Kreis geführte Trocknungsluft 100 unter Verwendung eines Lufterhitzers 5, der beispielsweise mit Wärme von einem Heizkraftwerk betrieben wird, erhitzt und einem Trocknungsraum 1 zugeführt. Der in Figur 1 schematisch dargestellte Trocknungsraum 1 kann beispielsweise als zylinderförmige Trommel ausgeführt sein, in deren Inneren sich eine Transportvorrichtung entlang der Längsrichtung der Trommel erstreckt. Vorzugsweise wird als Transportvorrichtung ein Spiralförderer wie oben beschrieben verwendet.. Das zu trocknende Gut, d.h. das feuchtigkeitshaltige Material bzw. die nasse Biomasse, wird dem Trocknungsraum 1 von der linken Seite zugeführt (Eintrag), von links nach rechts durch den Trocknungsraum 1 befördert und auf der rechten Seite des Trocknungsraums 1 abgegeben (Material-Austrag 43).

Während des Durchströmens des Trocknungsraums 1 trocknet die warme bzw. heiße Luft das Gut, d.h. nimmt Teile der im Gut vorhandenen Flüssigkeit auf, d.h. die Trocknungsluft kühlt

ab. Entsprechend nimmt der absolute Wassergehalt (x [kg Wasser/kg Luft]) der Trocknungsluft zu; folglich steigt die relative Luftfeuchtigkeit der Trocknungsluft.

Die abgekühlte und mit Flüssigkeit angereicherte Luft 101 wird mittels Filter(einheit) 2 an der linken Seite des Trocknungsraumes 1 (Material-Eintrag) im Wesentlichen von Schwebeteilchen (Staub) befreit. Die Filtereinheit 2, die insbesondere der Staubabscheidung aus der Trocknungsabluft dient, zeichnet sich vorzugsweise durch eine Rückspülbarkeit und/oder einen geringen Druckverlust und/oder ein gutes Staubrückhaltevermögen aus, um eine Belegung des nachgeschalteten Wärmetauschers/Kondensators 3 mit Staub so gut wie möglich zu vermeiden.

Ein Teil der "Restenergie" – d.h. der Energie, die in der Trocknungsabluft noch vorhanden ist – der Trocknungsabluft 101 aus dem Trocknungsraum 1 wird mit Hilfe des Wärmetauschers/Kondensators 3 zurückgewonnen und dazu verwendet, um im geschlossenen Kreislauf im Luftvorwärmer 4 die Luft vorzuwärmen und angesaugte Umgebungsluft 102 mit Hilfe des Lufterhitzers 7 im Vor-Trocknungsabschnitt A zu erwärmen. Mit anderen Worten, die rückgewonnene Energie wird von dem Trocknungsabschnitt B an den Vor-Trocknungsabschnitt A und den Trocknungsabschnitt B überführt.

Die von einem Gebläse 8 transportierte Umgebungsluft 102 wird mit Hilfe des Lufterhitzers 7 im Vor-Trocknungsabschnitt A erwärmt und anschließend auf der rechten Seite (Material-Austrag) dem Vor-Trocknungsraum 6 zugeführt; sie durchströmt den Vor-Trocknungsraum 6 entgegen der Transportrichtung des Gutes von rechts nach links, und wird auf der linken Seite (Material-Eintrag) als Abluft 103 an die Umgebung abgegeben. Ähnlich wie im Trocknungsraum 1 wird das Gut beispielsweise mit Hilfe einer achsenlosen Spirale entgegen dem Luftstrom transportiert.

Der Wärmetauscher bzw. Kondensator 3 im Trocknungsabschnitt B dient insbesondere der Wasserentfernung aus der Trocknungsabluft 101 und der Wärmerückgewinnung. Vorzugsweise wird ein Wasser-Luft-Wärmetauscher verwendet, welcher sich durch eine möglichst geringe Temperaturspreizung zwischen Lufteintritt-Wasseraustritt und Luftaustritt-Wassereintritt auszeichnet. Eine große Austauschfläche kann beispielsweise mit einem Lamellen-Ripprohr-Wärmetauscher erreicht werden.

Üblicherweise liegt die Temperatur der erwärmten Umgebungsluft 102, die dem Trocknungsraum 6 zugeführt wird, unterhalb der erhitzten Trocknungsluft 100, die dem Trocknungsraum 1 zugeführt wird. Wiederum kann ein Filter 2 die abgegebene Abluft 101 von Schwebeteilchen (Staub) befreien.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Trocknungssystems. Die Bezugszeichen der Fig. 2 entsprechen im Wesentlichen den Bezugszeichen der Fig. 1, jedoch wurde zu den Bezugszeichen, die sich auf die Luft beziehen, die Zahl um 100 erhöht. Zudem sind in der Fig. 2 beispielhafte Werte für die Gas- bzw. Flüssigkeitstemperaturen angegeben, die in Fig. 3 im hx-Diagramm teilweise eingezeichnet sind. Gleich wie die Ausführungsform in Figur 1, kann die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform in eine Vortrocknung (oben; A) mit Vor-Trocken-

kammer 6 und eine Trocknung mit Trockenkammer 1 (unten: B) unterteilt werden. Ähnlich wie in der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform sind der Trocknungsabschnitt A und der Vor-Trocknungsabschnitt zwei im Wesentlichen getrennte Abschnitte, die jedoch über zumindest einen Materialübertrag und einen Energieübertrag miteinander verbunden sind.

Das zu trocknende Gut 40 wird der Vor-Trockenkammer 6 auf der linken Seite zugeführt, mittels Transporteinrichtung (beispielsweise mittels Spiralförderer 611) nach rechts zum Material-Austrag der Vor-Trockenkammer 6 transportiert; von der Vor-Trockenkammer 6 über eine Schleuse 41 (beispielsweise eine Zellenradschleuse) der Trockenkammer 1 auf der linken Seite zugeführt; wiederum mit Hilfe einer Transporteinrichtung (beispielsweise mittels Spiralförderer 111) nach rechts zum Material-Austrag 43 der Trockenkammer 1, von wo aus das getrocknete Material weiter verarbeitet werden kann, beispielsweise zur thermochemischen Umwandlung in Schwachgas bzw. Synthesegas oder direkt verbrannt werden kann.

Mit Hilfe des Lufterhitzers 5, der seine Energie beispielsweise aus einem Heizkraftwerk oder einem Kraftwärmekoppler bezieht, wird die Trocknungsluft erhitzt. Gleich wie in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsform wird erhitzte Luft dem Trocknungsraum 1 auf der Material-Austragsseite (Luft-Einlass) zugeführt und entgegen dem Materialtransport durch den Trocknungsraum 1, hier von rechts nach links, durchgeführt. Bei der zu erhitzenden Luft handelt es sich um eine im Kreis geführte Trocknungsluft.

Eine konkrete Ausführungsform des erfindungsgemäßen Trocknungssystems wird im Folgenden parallel anhand der Figur 2 und des dazugehörigen h-x-Diagramms (siehe Figur 3) mit beispielhaften Temperaturwerten beschrieben. Beispielsweise wird die Trocknungsluft durch den Lufterhitzer 5 von ca. 40° C(P2) auf 200° C (P3) erhitzt. Die entsprechende Zustandsänderung der so erhitzten Trocknungsluft entspricht im h-x-Diagramm einer senkrechten Linie Strecke zwischen den Punkten P2 und P3, d. h. der Zustandspunkt verschiebt sich bei Erhitzen der Luft vertikal nach oben (der absolute Wassergehalt bleibt unverändert).

Diese erhitzte Trocknungsluft durchströmt den Trocknungsraum 1 hier von rechts nach links, wohingegen das Gut von links nach rechts transportiert wird. Es findet eine direkte Wärmeübertragung im Gegenstrom statt. Die durchgeführte erhitzte Trocknungsluft streicht über das Gut, dabei verdunstet die Flüssigkeit. Mit anderen Worten, die erhitzte Trocknungsluft entzieht dem Gut teilweise die Flüssigkeit, wodurch der absolute Flüssigkeitsanteil der durchgeführten Luft steigt (x nimmt zu) und die Temperatur der durchgeführten Trocknungsluft zudem abnimmt. Am Material-Eintritt bzw. Gasaustritt auf der hier linken Seite des Trocknungsraumes 1 wird die abgekühlte und mit Flüssigkeit angereicherte Trocknungsluft an eine Filtereinheit 2 abgegeben.

Die Zustandsänderung innerhalb des Trocknungsraumes 1 entspricht beispielhaft der Strecke von P3 nach P4 im h-x-Diagramm der Figur 3. Die Temperatur nimmt von ca. 200° C auf ca. 46° C ab; der absolute Wassergehalt und die relative Luftfeuchtigkeit (ca. 90%) nimmt zu, wohingegen die Enthalpie der Luft geringfügig abnimmt

Die Filtereinheit 2 dient im Wesentlichen der Staubabscheidung aus der Trocknungsabluft und zeichnet sich vorzugsweise durch eine gute Rückspülbarkeit, einen geringen Druckverlust und ein vorzugsweise gutes Staubrückhaltevermögen aus, um eine Belegung des nachfolgenden Wärmetauschers/Kondensators 3 mit Staub so gut wie möglich zu vermeiden.

Die gefilterte Abluft wird dem Kondensator 3 zugeführt, wodurch die Abluft zunächst abgekühlt wird (d.h. der absolute Wassergehalt bleibt im Wesentlichen unverändert und der Zustand in Figur 3 verschiebt sich senkrecht nach unten zur Taulinie; relative Luftfeuchte 100%). Anschließend wird Wasser durch den Kondensator 3 durch Kondensation aus der Trocknungsabluft entfernt wird (Zustandsänderung entlang der Taulinie nach links; siehe Strecke P4 nach P1). Durch die Kondensation wird ein beträchtlicher Teil an Energie zurückgewonnen. Nach Durchlaufen des Kondensators 3 hat die Trocknungsluft eine relative Feuchte von ca. 100% und eine Temperatur von ca. 20°C (P1).

Diese durch Kondensation gewonnene Energie wird teilweise (ca. 10-30%) im konkreten Beispiel zu ca. 14% dazu verwendet, die Trocknungsluft mit dem Erhitzer 4 wieder vorzuwärmen. D.h. ein Teil der gewonnenen Energie verbleibt im Trocknungsabschnitt B. So wird beispielsweise mit Hilfe des Kondensators 3 Wasser auf ca. 42°C erwärmt, wobei ein Teil des erwärmten Wassers dem Erhitzer 4 zugeführt wird, der die Luft von ca. 20°C auf ca. 40°C erwärmt, d.h. die Luft wird erwärmt, ohne dass sich der absolute Wassergehalt ändert. Entsprechend kann die Zustandsänderung in Figur 3 durch die Strecke P1 nach P2 dargestellt werden. Die auf 40°C erwärmte Luft wird anschließend mit Hilfe des Lufterhitzers 5 wiederum auf 200°C erwärmt; der Trocknungsluftkreislauf ist geschlossen.

Ein Grossteil (ca. 70 – 90%) der durch den Kondensator 3 gewonnenen Energie wird der Vor-Trocknung A zugeführt. In dem konkreten Beispiel von Figur 2 und 3 wird das Wasser, das im Kondensator auf ca. 42°C erwärmt wurde, einem Erwärmer 7 zugeführt, um Umgebungsluft (102) zu erwärmen, und als Vor-Trocknungsluft dem Vor-Trocknungsraum 6 zugeführt wird. In dem konkreten Beispiel beträgt die Temperatur der Umgebungsluft 10°C mit einer relativen Feuchte von 50% (siehe (P5) in Figur 2 und 3). Die Umgebungsluft wird mit Hilfe des Erwärmers 7 auf ca. 40°C erwärmt (senkrechte Zustandsänderung in Fig. 3 von P5 nach P6), wobei diese Vor-Trocknungsluft durch die Vor-Trocknungskammer 6 hier von rechts nach links, d.h. entgegen der Transportrichtung des Gutes, geleitet.

Während der Vor-Trocknung innerhalb des Vor-Trocknungsraumes 6 wird die Trocknungsluft wiederum befeuchtet, d.h. das Gut wird getrocknet, was einer Zustandsänderung in Richtung Taulinie entspricht (siehe Strecke P6 nach P7 in Fig. 3). Hierbei ist es wünschenswert, die maximale Beladungsfähigkeit der Luft auszunützen, d.h., die Luft wird vorzugsweise bis zur Taulinie hin abgekühlt, was einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% entsprechen würde. In dem konkreten Beispiel beträgt die relative Luftfeuchtigkeit ca. 99%, während die Temperatur 16,5°C (P7) beträgt. Da aus dieser kalten und feuchten Luft kaum noch Energie rückgewonnen werden kann, wird die Luft vorzugsweise an die Umgebung abgegeben, d.h., anders als im be-

vorzugten geschlossenen Trocknungsluftkreislauf in Abschnitt B.

Die Wassertemperatur, die dem Erwärmer 7 im Abschnitt A mit ca. 42°C vom Abschnitt B zugeführt wurde, beträgt nach der Erwärmung der Umgebungsluft nur noch ca. 13°C . Dieses abgekühlte Wasser wird von dem Vor-Trocknungsabschnitt A wieder zum Trocknungsabschnitt B geführt und dort mit Hilfe des Kondensators 3 wieder auf ca. 42°C erwärmt. Zudem wird auch das Abwasser des Erhitzers 4, das eine Temperatur von ca. 22°C hat, mit Hilfe des Kondensators 3 erwärmt. Da das Abwasser des Erwärmers 7 (ca. 13°C) mit dem Abwasser des Erhitzers 4 (ca. 22°C) vor der Erwärmung im Kondensator 3 vermischt wird, beträgt die Wassertemperatur der Kondensatorzuleitung beispielsweise ca. 16°C .

In Hinblick auf das h-x-Diagramm der Figur 3 sollte beachtet werden, dass sich die Trocknungsluftflüsse im Vor-Trocknungsraum 6 und im Trocknungsraum 1 voneinander vorzugsweise unterscheiden. So ist es bevorzugt, dass der Volumenstrom in Vor-Trocknungsraum größer ist als im Trocknungsraum.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung eines feuchtigkeitshaltigen Materials, insbesondere von Schüttgütern und Biomasse, mit den Schritten:

Befördern des Materials mit einer Transportvorrichtung zumindest teilweise durch einen Trocknungsraum (1), wobei das Material vorzugsweise mehrfach gewendet wird,

Durchführen eines erwärmten Gases, vorzugsweise Luft, durch den Trocknungsraum im Wesentlichen entlang oder entgegen der Transportrichtung der Transportvorrichtung,

wobei die im Gas enthaltene Restenergie nach der Durchführung durch den Trocknungsraum (1) mittels mindestens einer Wärmetauschereinrichtung (3) zurückgeführt wird, sodass der Energiebedarf zur Trocknung des Materials unterhalb der notwendigen Verdampfungsenthalpie von Wasser, und vorzugsweise unterhalb von 2.200 kJ/kg, besonders bevorzugt unterhalb von 1.500 kJ/kg und bevorzugt unterhalb von 1.000 kJ/kg, liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das erwärmte und durch den Trocknungsraum (1) durchgeführte Gas in einem Trocknungsgaskreislauf erwärmt und abgekühlt wird, wobei der Trocknungsraum (1) vorzugsweise ein Teil des Trocknungsgaskreislaufes bildet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das durchgeführte Gas nach dem Durchführen durch den Trocknungsraum (1) mittels einer Filtereinheit (2) und/oder eines Staubabscheiders gefiltert wird, in einem Kondensator (3) weiter abgekühlt wird und anschließend durch die aus dem Kondensator (3) gewonnene Energie erwärmt wird, und anschließend auf Trocknungstemperaturen weiter erhitzt wird und wieder durch den Trocknungsraum (1) durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei durch den Kondensator (3) Flüssigkeit aus dem abgekühlten Gas in Form von Flüssigkeit entfernt bzw. kondensiert wird und die Kondensationsenergie dazu verwendet wird, das Gas im Trocknungsgaskreislauf wieder vorzuwärmen (4) und/oder das Gas für eine Vor-Trocknung (6) vorzuwärmen.

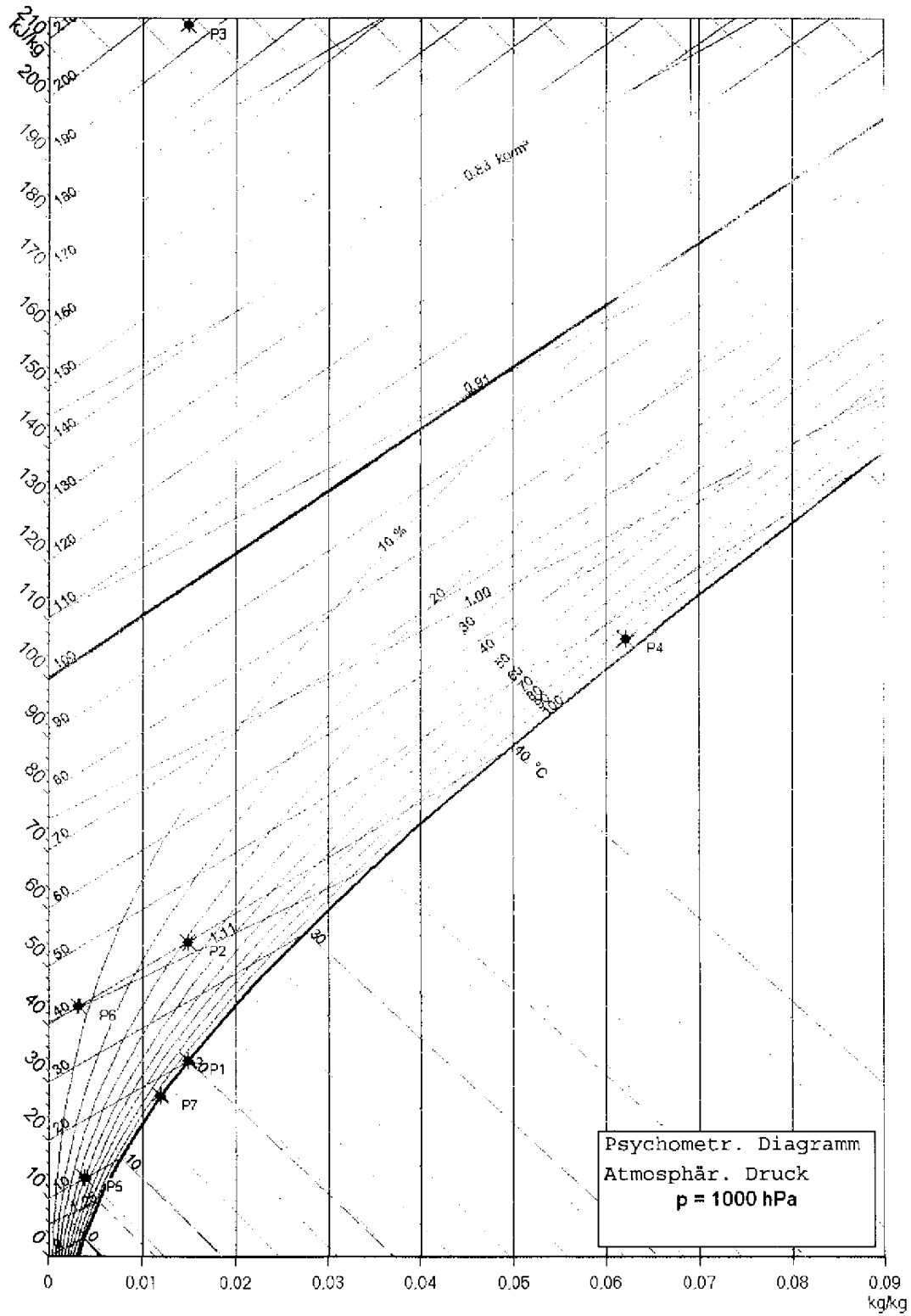
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei vor der in den Ansprüchen 1 bis 4 beschriebenen Trocknung eine Vor-Trocknung des Materials durchgeführt wird, wobei
das Material mit einer vorgeschalteten Transportvorrichtung (6) zumindest teilweise durch einen Vor-Trocknungsraum (6) befördert wird, wobei das Material vorzugsweise mehrfach gewendet wird,
ein Vor-Trocknungsgas durch den Vor-Trocknungsraum (6) im Wesentlichen entlang oder entgegen der Transportrichtung der vorgeschalteten Transportvorrichtung (6) durchgeführt wird, und
das durch das Vor-Trocknungsgas vorgetrocknete Material an den Trockenraum (1) übergeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Trockenraum (1) und/oder der Vor-Trocknungsraum (6) eine im Querschnitt zumindest teilweise (kreis)-bogenförmige Trommel aufweist, innerhalb derer die Transportvorrichtung, vorzugsweise in Form einer innerhalb der und relativ zur Trommel drehbaren Spiralförderwendel, angeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Material während des Transports, vorzugsweise durch die Spiralförderwendel (1, 6) mittels zusätzlicher an der Spiralförderwendel angebrachten Wendevorrichtungen, gewendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 5, 6 oder 7, wobei die Temperatur des in den Trockenraum (1) zugeführten Gases höher ist als die Temperatur des in den Vor-Trocknungsraum (6) zugeführten Gases.
9. Verfahren nach Anspruch 5, 6, 7 oder 8, wobei die Temperatur des in den Vor-Trocknungsraum (6) zugeführten Gases, vorzugsweise Luft, zwischen 20-70°C beträgt, vorzugsweise zwischen 40-50°C, mit einer Wasserbeladung von 0-55g/kg trockene Luft
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das vom Trockenraum (1) abgegebene Gas mittels Wärmetauscher (3) abgekühlt und optional darin enthaltene Flüssigkeit bzw. Wasser kondensiert wird und die abgegebene Wärme
 - (i) zur Erwärmung des Gases dient, das dem Vor-Trocknungsraum (6) zugeführt wird und/oder
 - (ii) zur Erwärmung des Gases dient, das dem Trockenraum (1) zugeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei das in den Vor-Trocknungsraum (6) zugeführte Gas erwärmte Umgebungsluft ist, die nach der Durchführung durch den Vor-Trocknungsraum (6) an die Umgebung zurückgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Erwärmung der Luft in Schritt (i) mittels Luft-Wasser-Wärmetauscher (7) durchgeführt wird, wobei das nach der Lufterwärmung abgekühlte Wasser zum Abkühlen der vom Trocknungsraum (1) abgegebenen Luft verwendet wird und optional dazu verwendet wird, die in der abgegebenen Luft gebundene Flüssigkeit zu kondensieren .
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur des in den Trocknungsraum (1) zugeführten Gases zwischen 80-350°C beträgt, vorzugsweise zwischen 100-200°C.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die relative Feuchte am Austritt des Trocknungsraums (1) zwischen 75% und 95% relative Feuchte und die Temperatur vorzugsweise zwischen 20°C und 90°C beträgt.
15. System zur Trocknung von Biomasse, wie beispielsweise Holzhackschnitzel, mit:
 - einem Vor-Trocknungsabschnitt (A) zum Vortrocknen der Biomasse und
 - einem nachgeschalteten Trocknungsabschnitt (B) zum Trocknen der vorgetrockneten Biomasse, wobei
 - der Trocknungsabschnitt (B) einen Trocknungsraum (1) aufweist, durch den die Biomasse mittels einer Transportvorrichtung transportiert wird, und ein erwärmtes Gas, vorzugsweise Luft, im wesentlichen entgegen der Transportrichtung der Biomasse durchgeführt wird, und den Trocknungsraum (1) als Abgas verlässt,
 - wobei eine Wärmetauschereinrichtung (3) im Trocknungsabschnitt (B) dem Trocknungsraum (1) nachgeordnet ist, mit der aus dem Abgas Energie gewonnen wird, die an den Vor-Trocknungsabschnitt (A) überführt wird,
 - sodass der Energiebedarf zur Trocknung des Materials unterhalb der notwendigen Verdampfungsenthalpie von Wasser, und vorzugsweise unterhalb von 2.200 kJ/kg, besonders bevorzugt unterhalb von 1.500 kJ/kg und bevorzugt unterhalb von 1.000kJ/kg, liegt.

010030

3/3

Figur 3





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: F26B3/04 (2006.01); F26B9/08 (2006.01); F26B21/02 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: F26B3/04, F26B9/08, F26B21/02		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F26B		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, X-FULL, IPDL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 7. Oktober 2010 eingereichten Ansprüchen 1 - 15 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	www.swet.at/konzepte-losungen/der-kd-%e2%80%93-trockner/ 05. Mai 2010 (05.05.2010) A.Heizwert & Wertsteigerung von Energieholz aus Hackgut im effizienten KD-Trockner	1, 2
A	WO 199001664 A1 (Drytec AB) 22. Februar 1990 (22.02.1990) Zusammenfassung; Beschreibung, S. 4, Z. 27 - 35, S. 5, 6, S. 7, Z. 1 - 3; Fig. 1, 2; Ansprüche 1 - 3	1 - 15
A	DE 2941037 A1 (Svenska Träforskningsinstitutet) 30. April 1980 (30.04.1980) Zusammenfassung, Beschreibung, S. 7 - 9; Anspruch 1	1 - 15
A	US 2008184587 A1 (Shivvers) 07. August 2008 (07.08.2008) Zusammenfassung; Beschreibung, [0059] - [0067]; Fig. 2, 3; Ansprüche 1, 8, 9, 13, 17, 33, 36	1 - 15
A	GB 2190179 A (Whittakers, Ltd) 11. November 1987 (11.11.1987) Zusammenfassung; Beschreibung, S. Z. 74 - 130, S. 5, Z. 1 - 74; Fig. 1 - 3; Ansprüche 1 - 6	1 - 15
Datum der Beendigung der Recherche: 6. September 2011		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): AIGNER M.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmel- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		