



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.05.2004 Patentblatt 2004/20**

(51) Int Cl.7: **F26B 23/02, F26B 21/04,  
F26B 25/00, F26B 17/26**

(21) Anmeldenummer: **03450250.0**

(22) Anmeldetag: **10.11.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

(72) Erfinder:  
• **Brunnmair, Erwin**  
**8045 Graz (AT)**  
• **Kolleger-Riedler, Robert**  
**8562 Mooskirchen (AT)**

(30) Priorität: **08.11.2002 DE 16822002**

(74) Vertreter: **Kliment, Peter**  
**Patentanwalt**  
**Dipl.-Ing. Mag.jur. Peter Kliment**  
**Singerstrasse 8/3/8**  
**1010 Vienna (AT)**

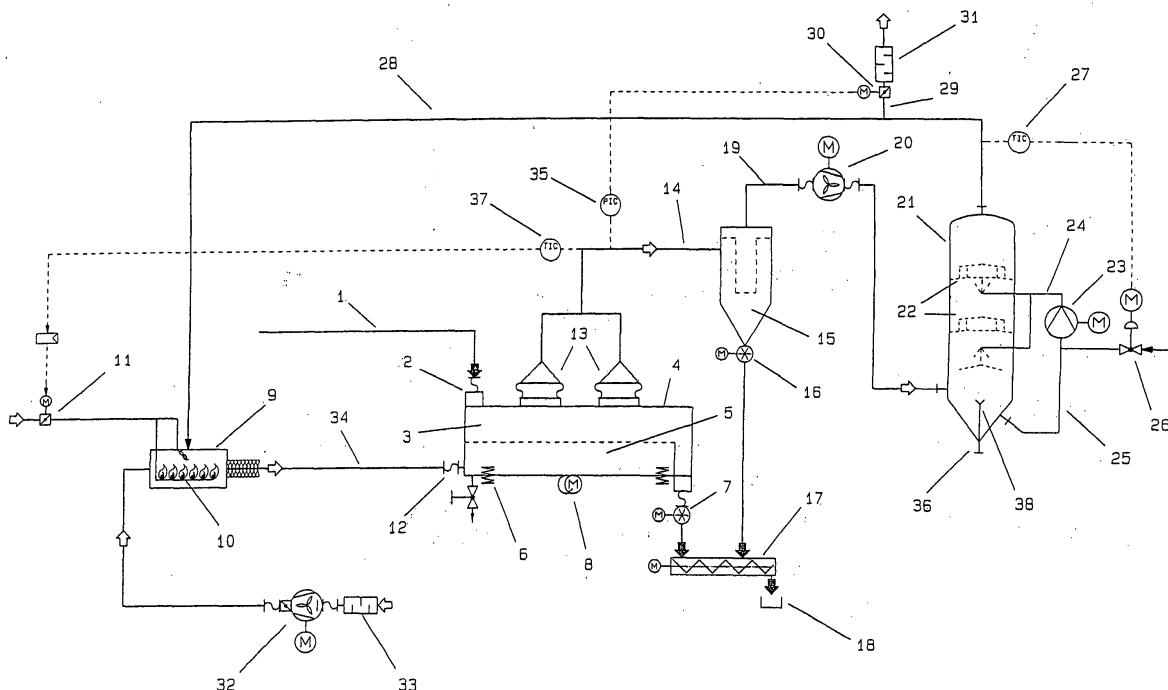
(71) Anmelder: **Binder & Co. Aktiengesellschaft**  
**8200 Gleisdorf (AT)**

(54) **Verfahren zur Trocknung von entzündlichem Trocknungsgut**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Trocknung von entzündlichem Trocknungsgut in einem Trockner (3), bei dem ein Trocknungsgas, vorzugsweise Trocknungsluft, mithilfe einer Heizeinrichtung (9) erhitzt und dem Trockner (3) zugeführt wird, wobei das Trocknungsgas nach Verlassen des Trockners (3) in eine Kühleinrichtung (21), in dem das Trocknungsgas in Wärmeaus-

tausch mit einem Kühlmedium, vorzugsweise Kühlwasser, steht, eingeleitet und über einen geschlossenen Leitungskreislauf (34, 14, 19, 28) in die Heizeinrichtung (9) rückgeführt wird. Das Kühlmedium in der Kühleinrichtung (21) durchläuft hierbei einen geschlossenen Kreislauf, wobei eine Regelung der Temperatur des Kühlmediums ab einer Temperatur des Trocknungsgases von etwa 80°C erfolgt.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Trocknung von brennbarem Trocknungsgut gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** Verfahren dieser Art dienen in erster Linie dazu, über thermodynamischem Kontakt eines Trocknungsgutes mit einem Trocknungsgas, etwa über eine Heizeinrichtung erhitzte Luft mit entsprechend hohen Temperaturen, dem Trocknungsgut in einem Trockner Wasser zu entziehen. Handelt es sich bei dem Trocknungsgut um brennbare Materialien, etwa um biogenes Material, welches einen hohen organischen Anteil besitzt, so sind diese Verfahren insbesondere mit dem Problem konfrontiert, dass sich durch Erhitzung des Trocknungsgutes und Reaktion mit dem in der Trocknungsluft enthaltenen Sauerstoff hohe Entzündungsgefahr ergibt. In Abhängigkeit vom Trocknungsgut ist somit eine Inertisierung des Trocknungskreislaufes, also eine Unterbindung der Entzündungsgefahr, insbesondere beim An- und Abfahren dieser Trocknungsanlagen zwingend erforderlich. Dies wird oft durch aufwändige zusätzliche Inertisierung mittels Inertgasen wie Stickstoff oder Kohlendioxid oder durch separate Dampferzeugung und Einspeisung in den Trocknungskreislauf erzielt. Solche Einrichtungen sind einerseits sehr teuer und stehen andererseits einer Vollautomatisierung insofern entgegen, als die Trocknungsanlagen immer komplexer und wartungsintensiver werden.

**[0003]** Es ist somit Ziel des erfindungsgemäßen Verfahrens, diese Nachteile zu vermeiden und eine vergleichsweise einfache und einer Vollautomatisierung zugängliche Lösung der Inertisierung des Trocknungsprozesses zu erreichen. Das wird durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 erreicht. Hierbei wird das Trocknungsgas nach Verlassen des Trockners in eine Kühleinrichtung, in der das Trocknungsgas in Wärmeaustausch mit einem Kühlmedium, vorzugsweise Kühlwasser, steht, und über einen geschlossenen Leitungskreislauf in die Heizeinrichtung rückgeführt, wobei eine Regelung der Temperatur des Trocknungsgases ab einer Temperatur desselben von etwa 80°C erfolgt. Der Vorteil der Erfindung liegt insbesondere darin, dass mithilfe der verdunsteten Wassermenge durch geeignete Kreislaufschaltung der Aggregate sowie den dazugehörigen Regelkreisen eine "Selbstinertisierung" unter allen Betriebsbedingungen erreicht wird. Dabei wird die absolute Feuchte der Trocknungsluft so lange angehoben, bis ein Sauerstoffgehalt unter der Explosionsgrenze des jeweiligen Trocknungsgutes mit Sicherheit gewährleistet werden kann. Das wird im Regelbetrieb bei Temperaturen des Trocknungsgases ab etwa 80°C erreicht, wobei der jeweilige Sollwert auf das jeweilige Trocknungsgut abgestimmt werden kann. Bei Überschreiten dieser Sollwerte erfolgt eine Regelung der Temperatur des Trocknungsgases. Damit steht ein sicheres und kostengünstiges Trocknungssystem für Trocknungsgut mit hohem organischen und/oder brenn-

baren Anteilen zur Verfügung.

**[0004]** Anspruch 2 sieht hierbei eine vorteilhafte Ausführungsform der Regelung der Temperatur des Kühlmediums vor, indem die Regelung der Temperatur des Kühlmediums durch Zufuhr von zusätzlichem Kühlmedium zur Kühleinrichtung erfolgt. Das kann gemäß Anspruch 3 in einfacher Weise erfolgen, indem bei Überschreiten der Temperatur des Trocknungsgases am Austrittspunkt aus der Kühleinrichtung über einen festgelegten Sollwert ein Signal zum Öffnen eines Ventils gesetzt wird, wodurch dem geschlossenen Kreislauf des Kühlmediums in der Kühleinrichtung eine zusätzliche Menge des Kühlmediums zugeführt wird.

**[0005]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nun anhand der beiliegenden Figur näher erläutert, wobei zunächst auf die apparativen Merkmale eingegangen wird, bevor die Funktionsweise der Erfindung erläutert wird.

**[0006]** Das Trocknungsgut wird mithilfe einer geeigneten Fördereinrichtung 1 und eine Aufgabereinrichtung 2 dem Trockner 3 zugeführt. Beim Trocknungsgut handelt es sich etwa um leicht brennbares Gut, z.B. aufgrund eines hohen Kohlenstoffanteils, wie dies etwa bei biogenen Substanzen der Fall ist. Der Trockner kann unterschiedlich ausgeführt sein, so kann es sich etwa um einen Trommel-, Band-, stationären Fließbett- oder Scheibentrockner handeln. Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform handelt es sich um einen Schwingtrockner, der einen in einem Gehäuse 4 untergebrachten Siebboden 5 aufweist. Das Gehäuse 4 wird hierbei über Federpakete 6 und einen entsprechenden Schwingungsantrieb 8 in Schwingung versetzt. Über den schwingenden Teil 5 des Trockners 3 kann dabei das Trocknungsgut in Richtung des Austrages 7 bewegt werden. Dem Trockner 3 wird über eine Leitung 34 und einen Luftanschlusssutzen 12 Trocknungsluft zugeführt, die mithilfe eines Heißgaserzeugers 9 erhitzt wurde. Der Heißgaserzeuger weist hierzu einen Brenner 10 auf, der mit Brennstoff, vorzugsweise Gas oder Öl, versorgt wird. Die Brennstoffzufuhr ist dabei über einen Regler 11 steuerbar. Mithilfe eines Gebläses 32 wird Verbrennungsluft dem Heißgaserzeuger 9 zugeführt. Wahlweise kann hierbei ein Schalldämpfer 33 vorgesehen sein.

**[0007]** Die Trocknungsluft wird in die unteren Bereiche des Trockners 3 zugeführt und über Luftabsaugungen 13, die sich im oberen Bereich des Trockners 3 befinden, abgeführt. Auf ihrem Weg vom Luftanschlusssutzen 12 zu den Luftabsaugungen 13 durchströmt sie dabei den Siebboden 5 und das darauf geförderte Trocknungsgut. Über Leitungen 14 wird die Trocknungsluft einem Filter und/oder Fliehkraftabscheider 15 zugeführt, der mit der Trocknungsluft mitgeführte Anteile des Trocknungsgutes abscheidet. Diese Anteile können etwa über einen Auslass 16 zu einem Mischer 17 transportiert werden, wo sie mit dem Trocknungsgut aus dem Austrag 7 des Trockners 3 vermischt und der Produktabgabe 18 zugeführt werden.

**[0008]** Die gefilterte Trocknungsluft verlässt den Filter 15 über die Leitung 19, passiert ein Druckerhöhungsgebläse 20 und wird schließlich in den unteren Bereich eines Wäschers 21, der auch als Kondensator aufgefasst werden kann, eingeleitet. In den Wäscher 21 wird mithilfe einer Pumpe 23 über die Leitung 24 Kühlwasser eingebracht, das über geeignete Einrichtungen 22 in den unteren Bereich des Wäschers 21 fließt. Der Rücklauf wird über eine Leitung 25 wieder der Pumpe 23 zugeführt, sodass ein geschlossener Kühlwasserkreislauf verwirklicht wird. Wie noch näher ausgeführt werden wird, kann bei Bedarf über Öffnen eines Ventils 26 frisches, kühles Prozesswasser der Pumpe 23 und somit dem Wäscher 21 zugeführt werden, wobei das Ventil 26 über einen Temperatursensor 27 angesteuert wird, die die Temperatur der Trocknungsluft am Austritt des Wäschers 21 misst. Überschüssiges Wasser bzw. Kondensat kann von einem Sammler 38 des Wäschers 21 über einen Ablauf 36 abgeführt werden.

**[0009]** Über die Leitung 28 wird die Trocknungsluft in weiterer Folge zum Heißgaserzeuger 9 rückgeleitet, wodurch sich ein geschlossener Kreislauf der Trocknungsluft ergibt. Des weiteren kann über eine Abluftleitung 29 Trocknungsluft abgeführt werden, wobei die Menge an abgeführter Trocknungsluft über ein Steuerorgan 30 regelbar ist. Wahlweise ist hierbei druckseitig ein Schalldämpfer 31 vorgesehen. Die Abluftmenge wird dabei vorzugsweise über eine Referenzdruckmessung geregelt. Damit kann im geschlossenen Luftkreislauf das Druckniveau beeinflusst werden.

**[0010]** Im laufenden Betrieb der erfindungsgemäßen Anlage bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Trocknungsluft über die Leitung 34 dem Trockner 3 zugeführt. Die Trocknungsluft lässt sich hierbei durch deren Temperatur, die vor der Zufuhr in den Trockner 3 je nach Anwendung üblicherweise zwischen 200-500°C liegen wird, einer absoluten Feuchte (die enthaltene Masse reiner Wasserdampf pro Kilogramm trockener Luft), sowie einer relativen Feuchte (dem prozentualen Anteil der absoluten Feuchte im Vergleich zu jener Masse an Wasserdampf, die die Luft bei gleicher Temperatur bis zum Sättigungszustand aufnehmen kann) charakterisieren. Die Trocknungsluft durchströmt im Trockner 3 das Trocknungsgut, das je nach Anwendung einen unterschiedlichen Trockengehalt aufweisen wird. Die Trocknungsluft überträgt hierbei Verdampfungswärme an die im Trocknungsgut enthaltene Wassermasse, wodurch der Trockengehalt des Trocknungsgutes steigt und die absolute Feuchte der Trocknungsluft zunimmt. Die Zunahme der absoluten Wasserdampfmenge in der Trocknungsluft als auch die Absenkung der Temperatur der Trocknungsluft aufgrund der ihr entzogenen Verdampfungswärme hebt auch die relative Feuchte der Trocknungsluft. Die Trocknungsluft in der Leitung 14 weist somit im Vergleich zu jener in Leitung 34 eine höhere absolute Feuchte, eine höhere relative Feuchte sowie eine niedrigere Temperatur auf. Diese Austrittstemperatur wird hierbei auch vom Trockengehalt des Trock-

nungsgutes sowie dessen Durchsatz durch den Trockner 3 abhängen. Über die Messung der Temperatur der Trocknungsluft mithilfe eines Temperatursensors 37 in der Leitung 14 sowie einer entsprechenden Regelung der Brennstoffzufuhr zum Heißgaserzeuger 9 über die Regeleinrichtung 11 kann auch eine Regelung der Verdampfungsleistung bei gleichbleibendem Durchsatz des Trocknungsgutes erfolgen.

**[0011]** Über den Filter und/oder Fliehkraftabscheider 15 sowie dem Druckerhöhungsgebläse 20 gelangt die Trocknungsluft schließlich in den Wäscher 21, den sie im Gegenstrom mit dem über die Leitung 24 eingespritzten Kühlwasser durchläuft. Dabei kommt es zu einem Wärmeübertrag auf das Kühlwasser, wodurch die Temperatur der Trocknungsluft abnimmt und die Temperatur des Kühlwassers steigt, da es sich bei dem Kühlwasserkreislauf über die Leitung 25, der Pumpe 23 und der Leitung 24 zunächst um einen geschlossenen Kreislauf handelt. In Abhängigkeit von der Stärke des Temperaturabfalles der Trocknungsluft sowie ihrer absoluten Feuchte wird der in ihr enthaltene Wasserdampf teilweise kondensieren. Das Kondensat fügt sich der umgewälzten Kühlwassermenge hinzu, wobei auch ein Teil des Kühlwassers aufgrund von Verdunstung verloren geht. Nach dem Austritt der Trocknungsluft aus dem Wäscher 21 liegt sie etwa in Sättigung vor, sodass die über den Temperatursensor 27 gemessene Temperatur der Trocknungsluft der Taupunkttemperatur unter den gegebenen Druckverhältnissen entspricht. Der Zustand der Trocknungsluft beim Austritt aus dem Wäscher 21 zeichnet sich somit dadurch aus, dass sie die für ihre jeweilige Temperatur maximale Menge an absoluter Feuchte aufweist.

**[0012]** Die mit Wasserdampf gesättigte Trocknungsluft wird dem Heißgaserzeuger 9, wo sie je nach Brennstoffzufuhr unterschiedlich stark erhitzt wird, und schließlich wieder der Leitung 34 zugeführt. Die absolute Feuchte der Trocknungsluft in Leitung 34 wird hierbei im wesentlichen jener am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 entsprechen, zuzüglich jener Menge an Wasserdampf, die aufgrund der Verbrennung von wasserstoffhaltigen Verbindungen mit Sauerstoff im Heißgaserzeuger 9 gebildet wird und abzüglich jener Menge, die entlang des Transportweges vom Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 in der Leitung 34 kondensiert, wenngleich man bestrebt sein wird, Kondensationsprozesse außerhalb des Wäschers 21 zu unterbinden.

**[0013]** Es ist daraus unmittelbar ersichtlich, dass die absolute Feuchte der Trocknungsluft innerhalb ihres geschlossenen Kreislaufes zunehmen wird, solange am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 ein Temperaturanstieg der Trocknungsluft auftritt. Bei zunehmender absoluter Feuchte nimmt aber der Inertisierungsgrad der Trocknungsluft zu, da die absolute Feuchte indirekt proportional zum Sauerstoffgehalt der Trocknungsluft ist. Ab einer Temperatur des Trocknungsgases von etwa 75°C kann hinreichende Inertisierung erreicht werden.

Der Inertisierungsgrad der Trocknungsluft regelt sich somit gewissermaßen von selbst, da bei hoher Verdampfungsleistung einerseits mehr absolute Feuchte in die Trocknungsluft eingebracht wird und andererseits über eine höhere Temperatur am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 auch mehr absolute Feuchte im Kreislauf der Trocknungsluft gehalten wird.

**[0014]** Der Temperaturanstieg der Trocknungsluft am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 kann aber durch die Zufuhr an frischem Prozesswasser über das Ventil 26 unmittelbar gesteuert werden. Somit ergibt sich die Möglichkeit, den Temperatursensor 27 auf einen Sollwert, beispielsweise 80°C, der Temperatur der Trocknungsluft am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 einzustellen, über dem das Ventil 26 geöffnet wird. Somit wird frisches, kühles Prozesswasser über die Pumpe 23 mit dem Kühlwasser im an sich geschlossenen Kühlwasserkreislauf gemischt, wodurch die Temperatur der Trocknungsluft am Austrittspunkt aus dem Wäscher 21 wieder abgesenkt wird. Da diese Temperatur ihrer Taupunkttemperatur entspricht, wird dadurch auch ihre absolute Feuchte wieder abgesenkt. Der Inertisierungsgrad der Trocknungsluft lässt sich somit über eine Zudosierung von Prozesswasser über das Ventil 26 regeln.

**[0015]** Durch die Verwendung von Wasserdampf als Inertgas sowie die Regelung der absoluten Feuchte der Trocknungsluft ist somit eine hohe Betriebssicherheit der erfindungsgemäßen Anlage sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens hinsichtlich einer möglichen Entzündung des Trocknungsgutes sichergestellt. Wird etwa Trocknungsgut mit hohem Trockengehalt dem Trockner 3 zugeführt, wird sich bei zunächst gleicher absoluter Feuchte und Temperatur der Trocknungsluft in der Zuleitung 34 die Austrittstemperatur der Trocknungsluft in der Leitung 14 erhöhen. Dies wird in der Regel eine erhöhte Austrittstemperatur nach dem Wäscher 21 nach sich ziehen, was mit einer höheren absoluten Feuchte korrespondiert und somit einen höheren Inertisierungsgrad bewirkt. Einer möglichen Entzündung des Trocknungsgutes im Trockner 3 wird somit entgegengewirkt. Sollte die Austrittstemperatur der Trocknungsluft nach dem Wäscher 21 einen festgelegten Sollwert übersteigen, wird das Ventil 26 geöffnet, um frisches, kühles Prozesswasser dem Kühlkreislauf des Wäschers 21 zuzuführen und seine Kühlfähigkeit dadurch zu erhöhen. Die Austrittstemperatur der Trocknungsluft nach dem Wäscher 21 wird dadurch sinken, sodass das Ventil 26 wieder geschlossen werden kann, sobald sich die Austrittspunkt wieder unter dem Sollwert bewegt. Der Sollwert kann dabei auf das jeweilige Trocknungsgut abgestimmt werden. Die eingesetzte Energie wird somit unabhängig von Qualitätsschwankungen des Trocknungsgutes, etwa unterschiedlichem Trockengehalt, optimal genutzt.

**[0016]** Durch die Verwendung von Wasserdampf als Inertgas sowie die Regelung der absoluten Feuchte der Trocknungsluft ist aber nicht nur eine hohe Betriebs-

icherheit der erfindungsgemäßen Anlage sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens hinsichtlich einer möglichen Entzündung des Trocknungsgutes im laufenden Betrieb sichergestellt, sondern auch während des Anfahrens bzw. Abfahrens der Anlage. Wird etwa beim Anfahren der Anlage zunächst kein Trocknungsgut dem Trockner 3 zugeführt, so steigt zunächst die absolute Feuchte der Trocknungsluft und somit dessen Inertisierungsgrad. Trocknungsgut wird erst dann zugegeben, wenn der erforderliche Sauerstoffgehalt erreicht ist. Beim Abfahren der Anlage hingegen wird durch die Konstanthaltung der Temperatur der Trocknungsluft am Austrittspunkt nach dem Wäscher 21 der Inertisierungsgrad bis zur vollständigen Entleerung des Trockners 3 aufrecht erhalten. Durch die Anhebung der absoluten Feuchte im Umluftkreislauf steigt aber auch die Leistungsdichte der Trocknungsluft, was zu einer Leistungserhöhung der Anlage führt, bzw. wodurch der Trockner 3 bei vorgegebener Verdampfungsleistung mit geringerer Prozesstemperatur betrieben werden kann.

**[0017]** Bei Störungen der erfindungsgemäßen Anlage kann der Trockner 3 durch den Vibrationsantrieb, der zugleich für eine Förderung in Längsrichtung sorgt, als auch nur durch die Luftdurchströmung leer gefahren werden. Des Weiteren kann eine integrierte Sprinkleranlage vorgesehen sein, um etwa bei einem totalen Stromausfall für ausreichende Sicherheit zu sorgen. Alternativ dazu ist auch denkbar, den Vibrationsantrieb mit einem Notstromsystem auszustatten.

**[0018]** Als vorteilhaft erweist sich auch die Regelung des Druckniveaus im Trocknungskreislauf, etwa mithilfe eines Druckmessgeräts 35 an der Leitung 14. Um Leckagen, etwa eine Einsaugung von Falschluff im Bereich der Auf- und Abgabe des Trocknungsgutes beim Trockner 3, möglichst gering zu halten, werden gefährdete Bereiche über einen Druckreferenzwert als Führungsgröße für die Abluftklappenstellung des Steuerorgans 30 im neutralen Druckbereich gehalten.

**[0019]** Durch die erfindungsgemäße Anlage sowie das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich somit sämtliche Betriebszustände hinsichtlich einer möglichen Entzündung des Trocknungsgutes über eine Inertisierung der Trocknungsluft sicher gestalten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung von entzündlichem Trocknungsgut in einem Trockner (3), bei dem ein Trocknungsgas, vorzugsweise Trocknungsluft, mithilfe einer Heizeinrichtung (9) erhitzt und dem Trockner (3) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trocknungsgas nach Durchlaufen des Trockners (3) in eine Kühleinrichtung (21), in dem das Trocknungsgas in Wärmeaustausch mit einem Kühlmedium, vorzugsweise Kühlwasser, steht, eingeleitet und über einen geschlossenen Leitungskreislauf (34, 14, 19, 28) in die Heizeinrichtung (9)

rückgeführt wird, wobei eine Regelung der Temperatur des Trocknungsgases ab einer Temperatur desselben von etwa 80°C erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung der Temperatur des Kühlmediums durch Zufuhr von zusätzlichem Kühlmedium zur Kühleinrichtung (21) erfolgt. 5
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Überschreiten der Temperatur des Trocknungsgases am Austrittspunkt aus der Kühleinrichtung (21) über einen festgelegten Wert ein Signal zum Öffnen eines Ventils (26) gesetzt wird, wodurch dem geschlossenen Kreislauf des Kühlmediums in der Kühleinrichtung (21) eine zusätzliche Menge des Kühlmediums zugeführt wird. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

