

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.06.2025 Patentblatt 2025/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F26B 23/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23215267.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F26B 23/022; F26B 23/02

(22) Anmeldetag: **08.12.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
 NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **HOFER, Josef**
6020 Emmenbrücke (CH)

(74) Vertreter: **Lambacher, Michael et al**
V. Fünr Ebbinghaus Finck Hano
Patentanwälte
Mariahilfplatz 3
81541 München (DE)

(71) Anmelder: **SWISS KRONO Tec AG**
6004 Luzern (CH)

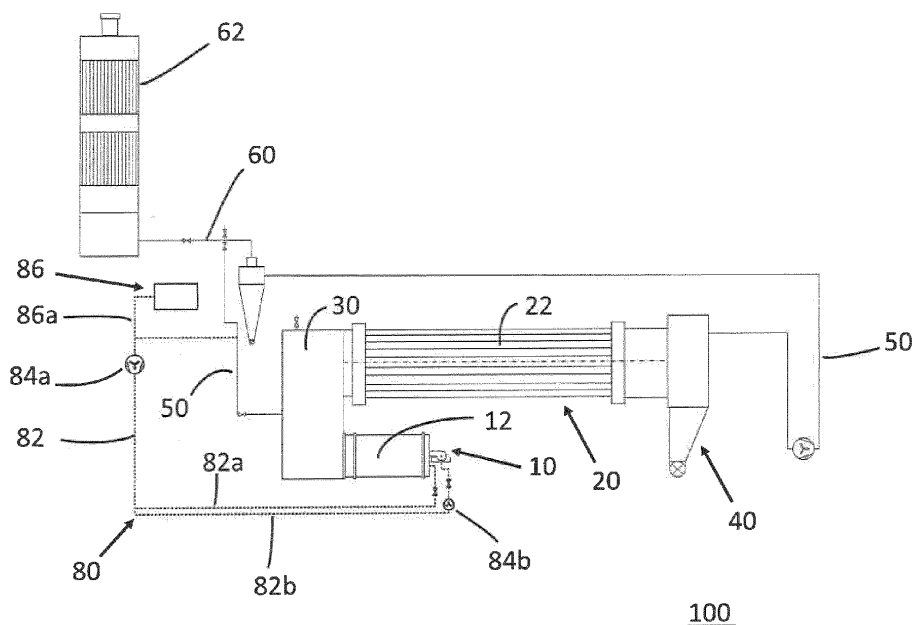
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ

(54) **TECHNIK ZUR REDUZIERUNG VON SCHADSTOFFEN IN TROCKNUNGSANLAGEN**

(57) Es wird ein Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Trocknungsanlage (100) bereitgestellt, die beim Trocknen von feuchtem Gut in der Trocknungsanlage (100) entstehen. Das Verfahren umfasst das Rückführen wenigstens eines Teils des beim Trocknen des feuchten Gutes entstehenden Brüdens zu einem Brenner (10) der Trocknungsanlage (100), das Halten des zum Brenner (10) rückzuführenden Brüdentails auf

einer Temperatur über der Kondensationstemperatur des im Bründenteil enthaltenen Wasserdampfes; und das Verbrennen der im rückgeführten Bründenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner (10). Ferner wird eine Rückführvorrichtung (80) und eine die Rückführvorrichtung aufweisende Holzspantrocknungsanlage (100) zur Durchführung dieses Verfahrens bereitgestellt.

Fig. 1



BeschreibungTechnisches Gebiet

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Umwelttechnik. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Technik zum Reduzieren von Emissionsschadstoffen, die beim Trocknen von feuchtem Gut in einer Trocknungsanlage entstehen.

Hintergrund

10 **[0002]** Bekannt sind Trocknungsanlagen, die zur Trocknung von feuchtem Gut, wie beispielsweise zur Trocknung von feuchten Holzspänen, ausgebildet sind. Derartige Trocknungsanlagen weisen einen Trockner (beispielsweise einen Trommeltrockner) mit einer Trocknungskammer auf, der das zu trocknende Gut kontrolliert zugeführt wird. Ferner wird der Trocknungskammer ein kontrollierter Volumenstrom an heißem Trocknungsgas (beispielsweise Heißluft) zugeführt, der das zu trocknende Gut langsam durch die Trocknungskammer transportiert. Das der Trocknungskammer zugeführte heiße Trocknungsgas umströmt und erwärmt das zu trocknende Gut und nimmt dabei die frei werdende Feuchtigkeit auf. Am Ausgang der Trocknungskammer wird das getrocknete Gut von dem Trocknungsgas wieder getrennt (beispielsweise durch Zyklonabscheider). Das Trocknungsgas am Ausgang der Trocknungskammer ist mit Wasserdampf gesättigt, weist in der Regel Schadstoffe auf, die beim Trocknen des Gutes entstehen, und wird Brüden genannt. Der Brüden kann gereinigt und als Abgas an die Umwelt abgeführt werden.

20 **[0003]** Um die Effizienz von Trocknungsanlagen zu steigern, ist ferner bekannt, wenigstens einen Teil des am Ausgang der Trocknungskammer austretenden Brüdens in eine dem Eingang der Trocknungskammer vorgelagerte Mischkammer rückzuführen. Der rückgeführte Brüden (auch Rückbrüden genannt) wird dort mit heißem Trocknungsgas gemischt. Das Gasgemisch wird erneut der Trocknungskammer zur Trocknung des feuchten Gutes zugeführt. Durch die Beimischung von Rückbrüden muss weniger heißes Trocknungsgas durch den Brenner bereitgestellt werden. Insbesondere kann die Restwärme des Rückbrüdens genutzt werden, wodurch die Trocknungsanlage insgesamt energieeffizienter betrieben werden kann.

25 **[0004]** Aus der DE 40 23 518 A1 ist eine Trocknungsanlage bekannt, bei der ein Teil des am Ausgang der Brennkammer austretenden Brüdens über eine Rückgasleitung direkt an die Brennkammer des Brenners rückgeführt wird. Der rückgeführte Brüdenanteil (bzw. Rückbrüdenanteil) wird hierbei durch einen turmförmigen Kondensationswäscher geleitet, der den Brüdenanteil auf unter die Kondensationstemperatur (Taupunkt-Temperatur) abkühlt und dadurch entfeuchtet. Dieser Kondensationsvorgang bewirkt ferner eine Teilreinigung des Brüdens, da im Brüden enthaltene Schadstoffe mit auskondensieren. Somit wird ein auf unter den Taupunkt abgekühlter, zumindest teilweise entfeuchteter und gereinigter Rückbrüdenanteil dem Brenner bzw. der Brennkammer wieder zugeführt. Die Verwendung eines Kondensationswäschers ist jedoch kostspielig; ferner geht ein nicht zu vernachlässigender Teil der Kondensationswärme im Kondensationswäscher verloren oder kann nur mit technisch großem Aufwand zurückgewonnen werden.

30 **[0005]** Aus der EP 2 230 477 A1 ist ferner eine Holzspantrocknungsanlage zum Trocknen von Holzspänen bekannt, die eine Rückführvorrichtung zum Rückführen von Brüden in den Trocknungskreislauf aufweist. Die Rückführvorrichtung weist einen Brüdenerehitzer auf, der einen regenerativen und/oder katalytischen Wärmetauscher aufweist und dazu ausgebildet ist, den Brüden auf eine relativ hohe Temperatur im Bereich von 720 °C bis 900 °C zu erwärmen, so dass im Brüden mitgeführte organische Substanzen oder Feststoffpartikel zum überwiegenden Teil oxidieren (verbrennen). Ein Teil des thermisch regenerativ behandelten Brüdens wird dann als Verbrennungsluft dem Brenner zugeführt. Ein anderer Teil des thermisch regenerativ behandelten Brüdens kann einer Mischkammer, die zwischen dem Brenner und der Trocknungskammer angeordnet ist, zugeführt werden. Die Verwendung eines katalytischen Wärmetauschers ist aufwendig und kostenintensiv.

35 **[0006]** Ferner ist aus der US 5,983,521 A eine Trocknungsanlage bekannt, bei der der am Ausgang der Trocknungskammer bereitgestellte Brüden vollständig in den Trocknungskreislauf rückgeführt wird. Hierbei wird der Brüden bzw. Rückbrüden in zwei Teilströme aufgeteilt, die dann in unterschiedliche Bereiche der Brennkammer rückgeführt werden. Die beiden Rückbrüden-Teilströme durchlaufen jeweils einen Wärmetauscher, in dem Wärme von einem aus der Brennkammer abgeleiteten Gasstrom auf die jeweiligen Rückbrüden-Teilströme übertragen wird. Einer der beiden Wärmetauscher, der primär mit Wärme aus dem Brenner versorgt wird, ist ein sogenannter Hochtemperaturwärmetauscher, während der andere ein sogenannter Niedrigtemperaturwärmetauscher ist. Über die Temperaturen der beiden Rückbrüdenanteilströme wird jedoch keine Aussage getroffen. Auch dieser Ansatz der Rückführung von Brüden ist technisch aufwendig, da zwei Wärmetauscher und entsprechende Rückführleitungen für die beiden Teilströme vorgesehen werden müssen. Ferner geht dieser Ansatz mit einer komplexen Regelung der beiden Rückbrüdenanteilströme einher.

40 **[0007]** Ferner ist aus der WO 01/59381 A1 eine Trocknungsanlage bekannt, bei der ein Teil des Brüdens sowohl in die Brennkammer als auch in eine Mischkammer zwischen der Brennkammer und der Trocknungskammer rückgeführt wird.

Hierfür wird die Rückführleitung in zwei Teilleitungen aufgeteilt, wobei eine Teilleitung zur Brennkammer und die andere Teilleitung zur Mischkammer führt. Ein Ventilator zur Steuerung des Rückbrüdenstroms ist im gemeinsamen Teil der Rückführleitung, also vor den beiden Teilleitungen, angeordnet. Dadurch wird es allerdings schwierig, den zur Brennkammer führenden Rückbrüdenstrom zu steuern. Ferner kommt in der in der WO 01/59381 A1 beschriebenen Trocknungsanlage ein Bandtrockner zum Einsatz. Derartige Trockner sind dafür bekannt, dass sie einerseits bei relativ niedrigen Temperaturen arbeiten ($< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), andererseits jedoch hohe Trocknungsgasströme benötigen (ungefähr dreifacher Trocknungsgasstrom im Vergleich zu Trommeltrocknern). Da die Arbeitstemperatur der Trocknungsanlage moderat ist, ist auch die Temperatur des Rückbrüdenstroms moderat; dadurch besteht die Gefahr, dass im Rückbrüdenstrom enthaltene Feuchtigkeit an der Brennkammerwand auskondensiert und somit den Brenner beeinträchtigt.

[0008] Obwohl, wie oben beschrieben, eine Vielzahl von Trocknungsanlagen bekannt ist, die Rückführvorrichtungen zum Rückführen und Wiederverwerten von Brüden aufweisen, um einerseits die Effizienz derartiger Anlagen zu steigern und andererseits die Schadstoffemissionen zu verringern, besteht weiterer Verbesserungsbedarf. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Technik bereitzustellen, welche die Schadstoffemission von Trocknungsanlagen, insbesondere von Holzspanntrocknungsanlagen, weiter reduziert, und andererseits kostengünstig und einfach ausgestaltet ist. Ferner soll die bereitgestellte Technik leicht in bereits vorhandenen Holzspanntrocknungsanlagen nachrüstbar sein.

Kurzer Abriss

[0009] Zur Lösung der obengenannten Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung ein Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen, die beim Trocknen von feuchtem Gut in einer Trocknungsanlage entstehen, bereitgestellt. Das Verfahren umfasst hierbei folgende Schritte: Rückführen wenigstens eines Teils des beim Trocknen des feuchten Gutes entstehenden Brüdens zu einem Brenner der Trocknungsanlage; Halten des zum Brenner rückzuführenden Brüdenteils auf einer Temperatur über der Kondensationstemperatur des im Brüdenteil enthaltenen Wasserdampfes; und Verbrennen der im rückgeführten Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner.

[0010] Bei dem zu trocknenden feuchten Gut kann es sich bevorzugt um Holzspäne handeln; entsprechend kann es sich bei der Trocknungsanlage um eine Holzspanntrocknungsanlage handeln.

[0011] Als Brüden wird das mit Wasserdampf gesättigte Trocknungsabgas bezeichnet, das beim Trocknen des feuchten Gutes entsteht und am Ausgang der Trocknungsanlage (genauer gesagt am Ausgang der Trocknungskammer) austritt. Der zum Brenner rückgeführte Brüden bzw. Brüdenteil wird nachfolgend auch als Rückbrüden bzw. Rückbrüdenteil bezeichnet.

[0012] Der Brüden bzw. Rückbrüden kann, abhängig vom zu trocknenden Gut, mit Schadstoffen verunreinigt sein. Diese Schadstoffe können vor allem flüchtige organische/kohlenstoffbasierte Verbindungen (sogenannte VOCs - Volatile Organic Compounds) und/oder Feststoffpartikel umfassen, die die Umwelt belasten. Diese Schadstoffe können aber auch andere Verbindungen, wie beispielsweise stickstoffbasierte Verbindungen (z.B. Lachgas N_2O oder Ammoniak NH_3) umfassen, die ebenso die Umwelt stark belasten. Sind das zu trocknende Gut Holzspäne, so können die im Brüden bzw. Rückbrüden mitgeführten Schadstoffe beispielsweise Terpene ($(\text{C}_s\text{H}_s)_n$ mit $n \geq 2$) umfassen.

[0013] Als Trocknungsgas kann bevorzugt Trocknungsluft zum Einsatz kommen. Anderer Trocknungsgase sind ebenso denkbar.

[0014] Bevorzugt wird die Temperatur des rückgeführten Brüdenteils während des Rückführens jederzeit über der Kondensationstemperatur/Taupunkttemperatur) gehalten. Mit anderen Worten wird das erfindungsgemäße Verfahren derart betrieben, dass die Temperatur des Rückbrüdenteils während des gesamten Rückführvorgangs die Kondensationstemperatur nicht unterschreitet. Dadurch, dass die Temperatur des Rückbrüdenteils jederzeit über der Kondensationstemperatur gehalten wird, wird verhindert, dass der im Rückbrüdenteil enthaltene Wasserdampf in der für das Rückführen bereitgestellten Rückführleitung oder im Brenner teilweise kondensiert. Dadurch wird einerseits verhindert, dass wertvolle Kondensationswärme während des Rückführens verloren geht; andererseits wird auch verhindert, dass Feuchtigkeit in der Rückführleitung oder an den Brennkammerwänden kondensiert, was langfristig zur Schädigung des Brenners führen kann.

[0015] Ferner kann das Verfahren derart betrieben werden, dass die Haltetemperatur des rückzuführenden Brüdenteils (Rückbrüdenteils) mindestens $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt. Bevorzugt kann die Haltetemperatur des Rückbrüdenteils mindestens $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen. Noch bevorzugter kann die Haltetemperatur des Rückbrüdenteils mindestens $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen oder eine noch höhere Temperatur aufweisen. In einer besonders einfachen Implementierung des Verfahrens kann der Rückbrüdenteil auf einer Temperatur gehalten werden, die höher als die Kondensationstemperatur ist, jedoch nicht höher als die Temperatur ist, die der Brüden beim Verlassen der Trocknungskammer der Trocknungsanlage aufweist. Dadurch wird das Verfahren besonders einfach realisiert, da keine zusätzlichen Wärmetauscher zur Temperaturerhöhung des Rückbrüdenteils benötigt werden.

[0016] Um den Rückbrüden jederzeit über der Kondensationstemperatur des Wasserdampfes zu halten, kann die zur Rückführung des Brüdens vorgesehene Rückführleitung oder wenigstens ein Teil der hierfür vorgesehenen Rückführ-

leitung bedarfsweise vorgewärmt werden. Dieser Vorwärmsschritt ist optional und erfolgt bedarfsabhängig, beispielsweise beim Anfahren der Trocknungsanlage, wenn die Rückführleitung aufgrund kalter Außentemperaturen "ausgekühlt" ist und die Gefahr besteht, dass der Rückbrüdenteil beim Rückführen zum Brenner unter die Kondensationstemperatur fällt.

[0017] Für das Vorwärmen kann beispielsweise ein Vorwärmgas (beispielsweise entfeuchtete Vorwärmflucht) in die wenigstens eine Rückführleitung mit eingeleitet oder vor dem Rückführen des Brüdentails eingeleitet werden. Das Vorwärmgas kann hierbei eine Temperatur aufweisen, die zwar geringer als die Temperatur des Rückbrüdens ist, jedoch nicht allzu stark davon abweicht. Bevorzugt kann das Vorwärmgas eine Temperatur im Bereich von 70 °C bis 100 °C, noch bevorzugter im Bereich von 80 °C bis 90 °C aufweisen. Dadurch kann die Rückführleitung auf eine gewünschte Vorwärmtemperatur gebracht werden. Dadurch wird ermöglicht, dass der Rückbrüden bzw. Rückbrüdenteil über den gesamten Rückführweg eine vorgegebene Haltetemperatur über der Kondensationstemperatur aufweist.

[0018] Der Schritt des Rückführens kann ein Rückführen eines ersten Brüdentails als Verbrennungsluft oder Hauptluft direkt in die Brennkammer des Brenners umfassen. Der rückgeführte erste Brüdenteil (erste Rückbrüdenteil) kann direkt durch die Hochtemperaturzone in der Brennkammer geführt werden. Aufgrund der hohen Temperatur der Brennerflamme bzw. der Brennkammer, die vorzugsweise im Temperaturbereich von 700 °C bis 1200 °C liegt, werden die im ersten Rückbrüdenteil enthaltenen Schadstoffe (VOCs, N₂O, NH₃, usw.) bzw. Feststoffpartikel größtenteils verbrannt/oxidiert. Denn es hat sich gezeigt, dass die im Rückbrüden enthaltenen Schadstoffe erst bei Temperaturen ab 700 °C effektiv verbrannt werden können. Der in der Brennkammer gereinigte und erhitzte erste Brüdenteil kann zusammen mit weiterer in der Brennkammer erhitzter Verbrennungsluft erneut für die Trocknung von feuchtem Gut der Trocknungskammer bereitgestellt werden.

[0019] Der Schritt des Rückführens kann alternativ oder zusätzlich ein Rückführen wenigstens eines zweiten Brüdentails als Kühlluft an die Muffel des Verbrenners umfassen. Der der Muffel zugeführte zweite Rückbrüdenteil fungiert zunächst als Kühlgas für die Muffel. Der zweite Brüdenteil kann anschließend ebenso in die Brennkammer gelangen, wo er durch die Brennerflamme weiter erhitzt wird. Die im zweiten Brüdenteil mitgeführten Schadstoffe bzw. Partikel werden in der heißen Brennerflamme bei Temperaturen im Bereich von 700 °C bis 1200 °C ebenso verbrannt/oxidiert, wie oben beschrieben.

[0020] Durch die hier beschriebene Verbrennung der Schadstoffe in der Brennerflamme bei einer Temperatur im Bereich von 700 °C bis 1200 °C, kann der Schadstoffgehalt im Brüden/Rückbrüden und somit die Emissionsschadstoffbilanz von Trocknungsanlagen insgesamt erheblich verbessert werden. Zusätzliche Reinigungsvorrichtungen, wie beispielsweise ein Kondensationswäscher oder katalytischer Wärmetauscher, wie im Stand der Technik vorgeschlagen, sind beim erfindungsgemäßen Verfahren nicht nötig. Die hier beschriebene direkte Rückführung wenigstens eines Teils des Brüdens in die Brennkammer spart aber auch Energie, da der rückgeführte Brüdenteil bereits eine Temperatur von größer als 100 °C aufweist. Somit muss der Brenner wesentlich weniger Wärmeenergie aufwenden, als wenn dem Brenner lediglich kaltes Trocknungsgas (Trocknungsluft) zugeführt wird, das dann auf die gewünschte Betriebstemperatur erhitzt werden muss.

[0021] Der Volumenstrom des der Brennkammer zugeführten ersten Brüdentails und/oder der Volumenstrom des der Muffel zugeführten zweiten Brüdentails kann bevorzugt in Abhängigkeit von der Brennerleistung und/oder dem in der Trocknungskammer benötigten Volumenstrom geregelt werden. Die Regelung des Volumenstroms des Brüdentails kann hierbei durch wenigstens einen Förderventilator erfolgen, der in der Rückführleitung angeordnet ist. Das oben beschriebene Verfahren wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Holzspan Trocknungsanlage verwendet. Insbesondere ist das oben beschriebene Verfahren dazu geeignet, beim Trocknen von Holzspänen frei werdende Schadstoffe, wie beispielsweise Terpene (insbesondere α -, β -Pinene), die einen niedrigen Siedepunkt aufweisen und in den Brüden von Holzspan Trocknungsanlagen zu finden sind, effektiv zu verbrennen.

[0022] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zur Reduzierung von Schadstoffen bereitgestellt, die in einer Trocknungsanlage beim Trocknen von feuchtem Gut, insbesondere von feuchten Holzspänen, entstehen. Die Vorrichtung ist dazu ausgebildet, wenigstens einen Teil des aus einer Trocknungskammer der Trocknungsanlage austretenden Brüdens einem Brenner der Trocknungsanlage rückzuführen, um die im Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe zu verbrennen. Die Vorrichtung ist ferner dazu ausgebildet, die Temperatur des Rückbrüdentails auf einer Temperatur über der Kondensationstemperatur des im Brüdenteil mitgeführten Wasserdampfes zu halten.

[0023] Zur Rückführung des Rückbrüdentails zum Brenner (bzw. in die Brennkammer des Brenners) kann die Vorrichtung wenigstens eine Rückführleitung umfassen. Diese kann mit ihrem ersten Ende mit dem Ausgang der Trocknungskammer und mit ihrem zweiten Ende mit dem Brenner bzw. der Brennkammer des Brenners gekoppelt sein. Ist bereits ein Rückbrüdenkanal in der Trocknungsanlage vorgesehen, der beispielsweise einen Teil des Rückbrüdens an eine der Trocknungskammer vorgelagerte Mischkammer leitet, so kann alternativ die Rückführleitung mit ihrem ersten Ende mit dem Rückbrüdenkanal gekoppelt sein. Dadurch wird die Rückführvorrichtung besonders einfach und kostengünstig realisiert, da bereits vorhandene Leitungen mitgenutzt werden.

[0024] Gemäß einer Weiterbildung kann sich die wenigstens eine Rückführleitung an ihrem zweiten Ende in zwei Teilleitungen aufspalten, wobei eine erste Teilleitung zur Brennkammer des Brenners führt, um einen ersten Rück-

brüdenteil direkt in die Brennkammer (Hochtemperaturzone der Brennkammer) zu leiten. Eine zweite Teilleitung kann zur Muffel des Brenners führen und zur Kühlung der Muffel eingesetzt werden. Anschließend wird auch der zweite Rückbrüdenteil in die Hochtemperaturzone der Brennkammer geleitet. In beiden Fällen werden die beiden Rückbrüdentteile in der Brennkammer stark erhitzt und dabei die mitgeführten Schadstoffe verbrannt. Der so gereinigte Brüdenteil kann für

eine erneute Trocknung der Trocknungskammer bereitgestellt werden.

[0025] Die wenigstens eine Rückführleitung kann thermisch isoliert sein. Die thermische Isolierung trägt dazu bei, dass der in der Rückführleitung zum Brenner geleitete Rückbrüdentteil wenig Wärme verliert und jederzeit über der Kondensationstemperatur gehalten werden kann.

[0026] Die Vorrichtung kann ferner eine Vorwärmeinrichtung umfassen, die dazu vorgesehen ist, die Rückführeinrichtung bedarfsweise vorzuwärmen. Dies kann beispielsweise dann notwendig sein, wenn die Trocknungsanlage angefahren wird und die wenigstens eine Rückführleitung trotz thermischer Isolierung aufgrund tiefer Umgebungstemperaturen "ausgekühlt" ist. Um ein Absinken der Temperatur des zum Brenner geleiteten Rückbrüdentteils unter die Kondensationstemperatur zu verhindern, kann die Vorwärmeinrichtung aktiviert werden. Diese kann die wenigstens eine Rückführleitung auf eine gewünschte Temperatur vorwärmen, wie oben in Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben.

[0027] Gemäß einer Implementierung kann die Vorwärmeinrichtung eine Vorwärmgasquelle umfassen, die wahlweise mit der Rückführleitung der Rückführeinrichtung koppelbar ist, um Vorwärmgas in die Rückführleitung einzuleiten. Durch das durch die Rückführleitung strömende Vorwärmgas kann die Rückführleitung auf die gewünschte Temperatur gebracht werden. Als Vorwärmgas kann insbesondere entfeuchtete Vorwärmluft zum Einsatz kommen.

[0028] Die Rückführvorrichtung kann ferner wenigstens einen Förderventilator umfassen, der in der wenigstens einen Rückführleitung angeordnet ist. Der wenigstens eine Förderventilator kann dazu ausgebildet sein, den Rückbrüdentteil in Richtung des Brenners zu fördern (bewegen). Über den wenigstens einen Ventilator kann somit der Volumenstrom des in der wenigstens einen Rückführleitung strömenden Rückbrüdentteils (aktiv) eingestellt bzw. gesteuert werden. Der Rückbrüdentvolumenstrom kann in Abhängigkeit von der Brennerleistung bzw. in Abhängigkeit von dem in der Trocknungskammer benötigten Trocknungsgas-Volumenstrom eingestellt werden.

[0029] Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird eine Holzspan Trocknungsanlage zum Trocknen von feuchten Holzspänen bereitgestellt. Die Holzspan Trocknungsanlage umfasst einen Trockner mit einer Trocknungskammer zum Trocknen von feuchten Holzspänen unter Einleitung von heißem Trocknungsgas in die Trocknungskammer, einen Brenner mit Brennkammer zur Bereitstellung des heißen Trocknungsgases, sowie die Vorrichtung gemäß dem dritten Aspekt zur Rückführung wenigstens eines Teils des aus der Trocknungskammer austretenden Brüdens zum Brenner, um die im rückgeführten Brüdentteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner zu verbrennen.

[0030] Durch die Rückführung wenigstens eines Teils des aus der Trocknungskammer austretenden Brüdens zum Brenner kann die Schadstoffbelastung der Holzspan Trocknungsanlage erheblich reduziert werden, da die hohe Flammentemperatur im Brenner flüchtige organische Substanzen und Feststoffpartikel effizient verbrennen kann.

[0031] Der Trockner kann beispielsweise ein Trommeltrockner sein, durch dessen Trocknungskammer das vom Brenner bereitgestellte Trocknungsgas strömt und der das in die Trocknungskammer eingeleitete feuchte Gut durch die Trocknungskammer transportiert und dabei trocknet.

[0032] Der Brenner kann ein Gasbrenner, Ölbrenner, Feststoffbrenner oder ein Mehrstoffbrenner sein, der dazu ausgebildet ist, in der Brennkammer Brenner- bzw. Flammentemperaturen im Bereich von 700 °C bis 1200 °C zu erzeugen. Durch die hohe Flammentemperatur eignet sich der Brenner zur Oxidierung/Verbrennung von Schadstoffen, die im rückgeführten Brüdentteil enthalten sind.

[0033] Die Holzspan Trocknungsanlage kann ferner eine zwischen dem Brenner und dem Trockner angeordnete Mischkammer aufweisen. Diese ist dazu ausgebildet, das vom Brenner bereitgestellte heiße Trocknungsgas mit einem der Mischkammer zugeführten Rückbrüdentteil und/oder externen Trocknungsgas zu mischen und anschließend der Trocknungskammer zuzuführen.

[0034] Die Holzspan Trocknungsanlage kann ferner eine Trenneinrichtung umfassen, die am Ausgang der Trocknungskammer angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, das getrocknete Gut von dem Brüden zu trennen. Hierfür kann die Trenneinrichtung ein oder mehrere Zyklonabscheider umfassen.

[0035] Die Holzspan Trocknungsanlage kann ferner eine Filtereinrichtung umfassen, die dazu ausgelegt ist, Schadstoffe aus jenem Rückbrüdentteil herauszufiltern, der in die Umwelt abgegeben wird und somit nicht über die oben genannte Vorrichtung dem Brenner rückgeführt und dem Trocknungsprozess erneut zur Verfügung gestellt wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0036] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand der in den Zeichnungen dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispiele weiter beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Holzspan Trocknungsanlage gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Figur 2 ein Flussdiagramm, das ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen in Brüden darstellt.

Detaillierte Beschreibung

[0037] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Trocknungsanlage 100 gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Trocknungsanlage 100 ist eine Holzspantrocknungsanlage, die zum Trocknen von feuchten Holzspänen ausgelegt ist.

[0038] Die Holzspantrocknungsanlage 100 umfasst einen Brenner 10 mit einer Brennkammer 12, einen Trockner 20 mit einer Trocknungskammer 22 sowie eine zwischen der Brennkammer 12 und der Trocknungskammer 22 angeordnete Mischkammer 30. Die Holzspantrocknungsanlage 100 umfasst ferner eine am Ausgang der Trocknungskammer 12 angeordnete Trenneinrichtung 40 zur Trennung von Brüden und getrockneten Holzspänen, eine mit der Mischkammer 30 gekoppelte Rückbrüdenleitung 50 sowie eine Brüden-Ableitung 60 mit einer Filtereinrichtung 62 zur Schadstofffilterung jenes Brüdenteils, der an die Umwelt abgegeben wird.

[0039] Gemäß der Erfindung weist die Holzspantrocknungsanlage 100 ferner eine Rückführvorrichtung 80 auf, die mit dem Brenner 10 koppelbar ist bzw. gekoppelt ist. Sie ist dazu vorgesehen, wenigstens einen Teil des in der Rückbrüdenleitung 50 rückgeführten Brüdens (auch Rückbrüden genannt) zur heißen Brennerflamme des Brenners 10 zu leiten. Dadurch können im Rückbrüden enthaltene Schadstoffe (insbesondere VOCs und/oder Feststoffpartikel, die beim Trocknen von Holzspänen vermehrt auftreten) im Brenner 10 bzw. in der heißen Brennerflamme oxidiert/verbrannt werden, wodurch die Schadstoffemission der Holzspantrocknungsanlage 100 insgesamt erheblich reduziert wird. Aufbau und Funktionsweise der Rückführvorrichtung 80 werden in Zusammenhang mit den Figuren 1 und 2 weiter unten noch näher beschrieben.

[0040] Der Brenner 10 ist zur Bereitstellung eines heißen Trocknungsgases vorgesehen. Als Trocknungsgas kommt bevorzugt heiße Trocknungsluft zum Einsatz. Hierfür wird Umgebungsluft der Brennkammer 12 zugeführt, die dort mit Hilfe der Brennerflamme auf eine gewünschte Temperatur erhitzt wird. Als Brenner kann ein Gasbrenner, Ölbrenner, Staubbrenner oder ein Mehrstoffbrenner zum Einsatz kommen, der dazu ausgebildet ist, in der Brennkammer Flammentemperaturen im Bereich von 700 °C bis 1200 °C zu erzeugen.

[0041] Das die Brennkammer 12 verlassende erhitzte Trocknungsgas wird der Mischkammer 30 zugeführt und kann dort mit einem aus der Trocknungskammer 22 stammenden und über die Rückbrüdenleitung 50 rückgeführten Brüdenteil (Rückbrüdenteil) vermischt werden. Durch die Rückführung und Wiederverwendung wenigstens eines Teils des am Ausgang der Trocknungskammer 22 ausströmenden Brüdens kann die Energieeffizienz der Holzspantrocknungsanlage 100 wesentlich gesteigert werden. Optional kann der Mischkammer 30 ein weiterer Gasstrom (Luftstrom) mit vorgewärmtem Gas (Luft) zugeführt werden (in Figur 1 nicht dargestellt), der beispielsweise in einer außerhalb der Holzspantrocknungsanlage 100 betriebenen externen Anlage (beispielsweise einer Holzverarbeitenden Anlage) frei wird. Dadurch kann die Energiebilanz der Trocknungsanlage 100 weiter verbessert werden.

[0042] Durch die Mischung des von der Brennkammer 12 bereitgestellten erhitzten Trocknungsgases mit dem zur Mischkammer 30 über die Rückbrüdenleitung 50 rückgeführten Brüdenteil (und optionalen weiteren zugeführten Gasströmen) sinkt die Temperatur des in der Mischkammer 30 resultierenden und für die Trocknungskammer 22 bereitgestellten Trocknungsgases (Trocknungsgasstrom). Die Temperatur wird durch entsprechende Mischung und Gaszuführung aus der Brennkammer 12 jedoch so eingestellt, dass das resultierende Trocknungsgas in der Mischkammer 30 einen gewünschten Temperaturwert aufweist, der ungefähr 20 °C bis 40 °C oberhalb der Temperatur am Trocknereingang ist. Dieser Temperaturüberschuss in der Mischkammer 30 ist notwendig, um Wärmeverluste durch Konvektion und Strahlung zu kompensieren.

[0043] Der Trockner 20 ist bevorzugt ein Trommeltrockner, der je nach Menge, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Holzspäne im Temperaturbereich von 230 °C bis 500 °C betrieben wird. Entsprechend liegt die Temperatur des in der Mischkammer 30 bereitgestellten Trocknungsgases in einem um 20 °C bis 40 °C höheren Temperaturbereich. Derartige Temperaturen reichen aus, um Holzspäne zu trocknen.

[0044] Die feuchten Holzspäne werden der Trockenkammer 22 kontrolliert zugeführt (in Figur 1 nicht dargestellt). Ferner wird von der Mischkammer 30, in Abhängigkeit von der Menge und der Beschaffenheit der zu trocknenden Holzspäne, ein Trocknungsgasvolumenstrom für die Trocknungskammer 22 bereitgestellt. Das der Trocknungskammer 22 zugeführte heiße Trocknungsgas umströmt und erwärmt die zu trocknenden Holzspäne und nimmt die dabei frei werdende Feuchtigkeit auf. Durch den Gasstrom werden die Holzspäne langsam durch die Trocknungskammer 22 transportiert.

[0045] Die oben genannte Arbeitstemperatur im Temperaturbereich von 230 °C bis 500 °C wird im Wesentlichen über den Brenner 10 (beispielsweise durch Steuerung der Brennstoffzufuhr und damit der Brennerleistung) gesteuert. Jedenfalls ist die Temperatur in der Trocknungskammer 22 zu jedem Zeitpunkt derart eingestellt, dass die beim Trockenvorgang frei werdende Feuchtigkeit und Schadstoffe innerhalb der Trocknungskammer 22 nicht wieder kondensieren können.

[0046] Entsprechend weist der am Ausgang der Trocknungskammer 22 ausströmende Brüden eine relative hohe Temperatur auf, die über der Kondensationstemperatur von Wasserdampf liegt. Typische Temperaturwerte des Brüdens am Ausgang der Trocknungskammer 22 liegen oberhalb von 100 °C, bevorzugt im Temperaturbereich von größer 100 °C bis 125 °C. Nach Abtrennung von im Brüden mitgeführten Holzspänen in der Trenneinrichtung 40 kann wenigstens ein Teil des Brüdens über die Rückbrüdenleitung 50 der Mischkammer 30 wieder zugeführt werden. Dieser rückgeführte Brüdenanteil (auch Rückbrüdenanteil genannt) wird somit dem Trocknungsprozess wieder zugeführt und verbessert aufgrund seines hohen Energiegehaltes (es muss keine erneute Verdampfungswärme aufgebracht werden) die Energieeffizienz der Holzspantrocknungsanlage 100.

[0047] Problematisch ist jedoch, dass die im Rückbrüdenanteil mitgeführten Schadstoffe (VOCs, N₂O, NH₃, Feststoffpartikel) in der Mischkammer 30 aufgrund der zu niedrigen Temperaturen (maximal 500 °C bis 550 °C) nicht oxidiert/verbrannt werden können. Somit besteht die Gefahr, dass sich immer mehr Schadstoffe in der Mischkammer 30 rückgeführten und der Trocknungskammer 22 erneut zur Verfügung gestellten Rückbrüdenanteil ansammeln. Dadurch kann es zu einer unerwünschten Anreicherung von Schadstoffen in den zu trocknenden Holzspänen kommen.

[0048] Um dies zu vermeiden und insbesondere die Schadstoffbelastung der Holzspantrocknungsanlage 100 nachhaltig zu verringern, wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Holzspantrocknungsanlage 100 mit der Rückführvorrichtung 80 versehen.

[0049] Die Rückführvorrichtung 80 umfasst wenigstens eine Rückführleitung 82, die mit ihrem ersten Ende fluidisch mit der Rückbrüdenleitung 50 gekoppelt ist und mit ihrem zweiten Ende fluidisch mit dem Brenner 10 gekoppelt ist. Die wenigstens eine Rückführleitung 82 ist dazu vorgesehen, wenigstens einen Teil des Rückbrüdens zum Brenner 10 rückzuführen. Die Rückführvorrichtung 80 weist ferner wenigstens einen Förderventilator 84a, 84b auf, der in der wenigstens einen Rückführleitung 82 angeordnet ist. Über den wenigstens einen Förderventilator 84a, 84b kann der Volumenstrom des rückzuführenden Brüdenanteils (aktiv) gesteuert bzw. eingestellt werden kann.

[0050] In der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform weist die Rückführvorrichtung 80 eine Rückführleitung 82 auf, die sich zum Brenner 10 hin in zwei Teilleitungen 82a, 82b aufteilt ist. Die erste Teilleitung 82b mündet direkt in die Brennkammer 12, während die zweite Teilleitung 82a mit der Muffel des Brenners 10 gekoppelt ist. Somit kann über die erste Teilleitung 82b ein erster Rückbrüdenanteil als Verbrennungsgas oder Verbrennungsluft direkt in die Brennkammer 12 des Brenners 10 eingeleitet werden. Über die zweite Teilleitung 82a kann ferner ein zweiter Rückbrüdenanteil als Kühlgas bzw. Kühlluft zur Muffel des Brenners 10 geleitet werden. Auch dieser zweite Rückbrüdenanteil wird anschließend in die Brennkammer 12 geleitet und wird dort weiter erhitzt und gereinigt.

[0051] Zur Steuerung des Volumenstroms des Rückbrüdens in der Rückführvorrichtung 80 befindet sich ein erster Förderventilator 84a in der gemeinsamen Rückführleitung 82. Über diesen Förderventilator 84a kann der Volumenstrom des Rückbrüdenanteils eingestellt werden, der insgesamt dem Brenner 10 zugeführt wird. Ferner kann sich ein zweiter Förderventilator 84b direkt in der Teilleitung 82b befinden, durch die der erste Rückbrüdenanteil direkt in die Brennkammer 12 geführt wird. Über diesen zweiten Förderventilator 84b kann der der Brennkammer 12 zugeführte Volumenstrom eingestellt bzw. gesteuert werden.

[0052] Beispielsweise kann die Holzspantrocknungsanlage 100 derart betrieben werden, dass mit Hilfe der Rückführvorrichtung 80 60 % des am Ausgang der Trocknungskammer 22 austretenden Brüden-Volumenstroms rückgeführt werden. 15 % des Brüden-Volumenstroms können hierbei direkt der Brennkammer 12 als Verbrennungsluft zugeführt werden; weitere 15 % können der Brennermuffel als Kühlluft zugeführt werden. Die Steuerung der Volumenstromanteile erfolgt über die Förderventilatoren 84a, 84b, wie oben beschrieben. Weitere 30 % des am Ausgang der Trocknungskammer 22 austretenden Brüden-Volumenstroms können über die Rückbrüdenleitung 50 der Mischkammer 30 zugeführt werden. Somit werden insgesamt 60 % des am Ausgang der Trocknungskammer 22 austretenden Brüden-Volumenstroms recycelt, wodurch die Energiebilanz der Holzspantrocknungsanlage 100 erheblich verbessert wird. Davon werden 30 % dem Brenner 10 zugeführt und dort gereinigt, womit auch die Schadstoffbilanz der Holzspantrocknungsanlage 100 erheblich verbessert wird, insbesondere unter die gesetzlichen Emissionsvorgaben gedrückt werden kann (vgl. auch Testergebnisse in der Tabelle unten).

[0053] Es versteht sich, dass die in Figur 1 gezeigte Rückführvorrichtung 80 eine beispielhafte Implementierung darstellt. Denkbar ist auch eine Rückführvorrichtung 80, bei der die Rückführleitung 82 lediglich einen Rückbrüdenanteil zur Brennkammer 12 des Brenners 10 führt. In diesem Fall weist die Rückführleitung 82 keine zwei Teilleitungen 82a, 82b auf, wodurch eine besonders einfache Ausgestaltung realisiert wird. Bei dieser vereinfachten Ausgestaltung genügt es, wenn lediglich ein Förderventilator in der Rückführleitung 82 bereitgestellt wird, um den Volumenstrom des rückzuführenden Rückbrüdenanteils zu steuern.

[0054] Die Rückführvorrichtung 80 kann ferner eine Vorwärmeinrichtung 86 aufweisen. Diese ist dazu ausgebildet, die wenigstens eine Rückführleitung 82 auf einem gewünschten Temperaturniveau zu halten. Dadurch kann verhindert werden, dass beim Rückführen des Rückbrüdenanteils über die wenigstens eine Rückführleitung 82 dieser auf eine Temperatur unterhalb der Kondensationstemperatur (Taupunkttemperatur) abkühlt und der mitgeführte Wasserdampf bzw. die Schadstoffe unkontrolliert entlang der Rückführleitung 82 oder in der Brennkammer 12 kondensieren.

[0055] In der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform weist die Vorwärmeinrichtung 86 eine Vorwärmgasquelle auf

oder ist mit einer externen Vorwärmgasquelle gekoppelt. Die (externe) Vorwärmgasquelle ist mit der Rückführleitung 82 fluidisch gekoppelt (über den Leitungsabschnitt 86a). Die Vorwärmgasquelle 86 ist dazu ausgebildet, warmes Gas bzw. warme Luft zur Vorwärmung der Rückführleitung 82 in die Rückführleitung 82 einzuspeisen. Obwohl die Rückführleitung 82 thermisch isoliert ist, kann es bei kalten Umgebungstemperaturen und insbesondere beim Anfahren der Holzspanantrocknungsanlage 100 vorkommen, dass die Rückführleitung 82 "ausgekühlt" ist. In diesem Fall kann die Vorwärmgasquelle 86 bedarfsweise aktiviert werden, um Vorwärmgas in die Rückführleitung 82 einzuspeisen.

[0056] Das von der Vorwärmgasquelle 86 bereitgestellte Vorwärmgas kann eine Temperatur aufweisen, die nicht wesentlich tiefer als die Temperatur des Rückbrüdens ist, vorzugsweise in einem Temperaturbereich von 70 °C bis 100 °C, noch bevorzugter in einem Temperaturbereich von 80 °C bis 90 °C liegt. Diese Temperatur reicht in der Regel aus, um die Rückführleitung 82 genügend stark vorzuwärmen, so dass ein Abkühlen des Rückbrüdens auf unterhalb der Kondensationstemperatur vermieden werden kann.

[0057] Die hier beschriebene Rückführvorrichtung 80 zeichnet sich durch einen einfachen und kompakten Aufbau aus und eignet sich somit auch für die Nachrüstung in bereits bestehenden Holzspanantrocknungsanlagen, um die Schadstoffemissionsbilanz derartiger Anlagen zu verbessern.

[0058] In Zusammenhang mit Figur 2 wird ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Trocknungsanlage weiter beschrieben. Das Verfahren kann mit Hilfe der oben beschriebenen Rückführvorrichtung 80 realisiert werden und beispielsweise in einer Holzspanantrocknungsanlage zur Reduktion von Schadstoffemissionen eingesetzt werden.

[0059] Gemäß einem ersten Schritt S20 wird über die Rückführvorrichtung 80, insbesondere über die wenigstens eine Rückführleitung 82 der Rückführvorrichtung 80 wenigstens ein Teil des beim Trocknen von feuchtem Gut (beispielsweise Holzspäne bei der Holzspanantrocknungsanlage) entstehenden Brüdens zu dem Brenner 10 rückgeführt. Dieser an den Brenner 10 rückgeführte Rückbrüdenteil wird dabei mit Hilfe der Rückführvorrichtung 80 auf einer Temperatur gehalten, die über der Kondensationstemperatur des im Brüden enthaltenen Wasserdampfs liegt (zweiter Schritt S22). Dies kann einerseits durch geeignete Abisolierung der wenigstens einen Rückführleitung 82 realisiert werden. Bei Bedarf kann aber auch die Vorwärmanrichtung 86 zum Einsatz kommen, welche die wenigstens eine Rückführleitung 82 auf eine gewünschte Temperatur vorwärmt.

[0060] In einem dritten Schritt S24 wird dann der rückgeführte Rückbrüdenteil im Brenner 10 stark erhitzt. Insbesondere wird der Rückbrüdenteil durch die Hochtemperaturzone der Brennkammer 12 geleitet (Zone mit Temperaturen im Bereich von 700 °C bis 1200 °C), wodurch die mitgeführten Schadstoffe effektiv oxidiert/verbrannt werden.

[0061] Ziel des hier beschriebenen Verfahrens sowie der Rückführvorrichtung 80 ist es, die Emissionsschadstoffe von Trocknungsanlagen deutlich zu reduzieren, insbesondere deutlich unter den gesetzlichen Vorgaben zu halten. Die Implementierung der hier beschriebenen erfindungsgemäßen Technik (Verfahren und Rückführvorrichtung) in einer Pilot-Holzspanantrocknungsanlage in der Schweiz hat gezeigt, dass die Emissionsschadstoffe deutlich reduziert werden können, was ohne die Rückführvorrichtung 80 (d.h. wenn lediglich ein Teil des Rückbrüdens über die Rückbrüdenleitung 50 zur Mischkammer 30 rückgeführt wird) nicht möglich wäre.

[0062] Die Pilot-Holzspanantrocknungsanlage weist einen Staubbrenner auf, der für Brenner-/Flammentemperaturen von bis zu 1200 °C ausgelegt ist. Als Trockner kommt ein Trommeltrockner zum Einsatz, der für Trocknungsgas-Volumenströme von bis zu 290000 m³/h und für einen Trockengutdurchsatz (Holzspandurchsatz) von bis zu 52000 kg/h ausgelegt ist. Der Erfindung hängt jedoch nicht von diesen konkreten Grenzwerten ab. Zwischen dem Brenner und dem Trommeltrockner ist eine Mischkammer angeordnet, die dazu ausgelegt ist, das vom Brenner erhitzte Trocknungsgas mit einem Teil des am Trocknerausgang austretenden Brüdens zu vermischen und anschließend dem Trommeltrockner als Trocknungsgas bereitzustellen. Ferner weist die Pilot-Anlage die oben beschriebene Rückführvorrichtung auf, um einen weiteren Teil des am Trocknerausgang austretenden Brüdens direkt zum Brenner zurückzuführen, dort zu erhitzen und zu reinigen.

[0063] Die nachfolgende Tabelle zeigt die Reduktion von Schadstoffen, insbesondere von VOCs (siehe beispielsweise Zeile Ges-C @18% O₂) sowie stickstoffbasierten Schadstoffen (siehe beispielsweise Zeile NO_x bei 18% O₂) im Halblast- und Quasi-Volllast-Betrieb der Pilot-Anlage.

Bezeichnung		Halblast	Quasi-Volllast	gesetzliche Vorgaben LRV Schweiz
Holzdurchsatz	kg/h	29163	42'079	
Holzeinsatz Spanplatte	kg/m ³	570	570	
Last SPW Linie	% auf 1800	53	76	
Last Staubbrenner	[%]	47	85	
Trocknungsgasvolumenstrom	m ³ /h	185226	187468	
O ₂ trocken	Vol [%]	18.1	17.4	18.0

(fortgesetzt)

Bezeichnung		Halblast	Quasi-Volllast	gesetzliche Vorgaben LRV Schweiz
Ges-C @18%O ₂	mg/m ³	89	93	120
NO _x bei 18% O ₂	mg/m ³	128	130	150
N ₂ O bei 18% O ₂	mg/m ³	21	28	Kein Grenzwert
NH ₃ bei 18% O ₂	mg/m ³	25	30	30
Brennstoff Staub Durchsatz	kg/h	2883	5123	
Brennkammertemperatur Zone 1	°C	729	849	
Trocknereintrittstemperatur	°C	399	525	
Trockneraustrittstemperatur	°C	108	111	

Die Tabelle beschreibt die Konzentration dieser Schadstoffe (in mg/m³) für unterschiedliche Durchsätze von Trocken-
gut (in diesem Fall 70 % Nadelholz und 30 % Laubholz), die zur Herstellung von Spanplatten verwendet werden. Wie
aus der zweiten und dritten Spalte der Tabelle zu entnehmen ist, kann sowohl bei mittlerem Holzdurchsatz (Betriebs-
last des Staubbrenners bei 47 %) als auch bei Quasi-Volllast (Betriebslast des Staubbrenners bei 85 %) eine deutli-
che Reduzierung der Schadstoffe erreicht werden. Die Werte für die stickstoffbasierten Schadstoffe sowie die kohlen-
stoffbasierten Schadstoffe sind auf 18 Vol.-% Sauerstoff umgerechnet, wie von der Schweizer Luftreinhaltsverord-
nung (LRV Schweiz) vorgegeben. Während beispielsweise die gesetzlichen Vorgaben für VOCs bei 120 mg/m³ lie-
gen, konnten durch die erfindungsgemäße Technik die VOC-Konzentrationen auf unter 100 mg/m³ (89 mg/m³ bei Hal-
blast und 93 mg/m³ bei Quasi-Volllast) gesenkt werden. Ähnliche Reduktionen ergeben sich auch für die
NO_x-Schadstoffbelastung.

[0064] Diese Werte wurden bei einem Betrieb der Holzspan Trocknungsanlage erreicht, bei dem mit Hilfe der Rück-
führvorrichtung ca. 30 % des am Ausgang des Trommeltrockners austretenden Trocknungsgasvolumenstroms (Brüden-
Volumenstrom) dem Brenner zur Erhitzung und Reinigung wieder zugeführt wurde, die Hochtemperaturzone (Zone 1) der
Brennkammer eine Temperatur von größer 700 °C aufwies (729 °C bei Halblast und 849 °C bei Quasi-Volllast) und die
Trockneraustrittstemperatur bei 108 °C bzw. 111 °C (also oberhalb der Taupunkttemperatur des Wasserdampfes)
gehalten wurde. Die Trockneraustrittstemperatur entsprach dabei auch der Temperatur des zum Brenner rückgeführten
Brüden-Volumenstroms (Rückbrüden-Volumenstrom).

[0065] Die hier beschriebene Technik zur Reduzierung von Schadstoffen mittels der erfindungsgemäßen Rückführ-
vorrichtung 80 hat gegenüber dem Stand der Technik mehrere Vorteile. Sie ist einfach, platzsparend und kostengünstig,
da sie keine zusätzlichen Reinigungsanlagen benötigt. Vielmehr wird wenigstens ein Teil des Rückbrüdens direkt zum
bereits vorhandenen Brenner der Trocknungsanlage (Holzspan Trocknungsanlage) rückgeführt und dort gereinigt. Durch
die Reinigung kann die Schadstoffemission von Trocknungsanlagen deutlich reduziert werden. Ferner wird verhindert,
dass sich Schadstoffe im Trocknungsgut ansammeln, was beispielsweise dann der Fall sein kann, wenn ein Teil des
Rückbrüdens lediglich zur Mischkammer rückgeführt wird und dann ungereinigt wieder der Trocknungskammer zugeführt
wird.

[0066] Die hier beschriebene Technik überwindet aber auch ein lang gehegtes Vorurteil, wonach ein mit Wasserdampf
gesättigter Brüden nicht direkt zum Brenner bzw. in die Brennkammer rückgeführt werden kann, da in diesem Fall kein
stabiler Betrieb der Trocknungsanlage möglich sei.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Trocknungsanlage (100), die beim Trocknen von feuchtem Gut
in der Trocknungsanlage (100) entstehen, wobei das Verfahren umfasst:

Rückführen wenigstens eines Teils des beim Trocknen des feuchten Gutes entstehenden Brüdens zu einem
Brenner (10) der Trocknungsanlage (100);
Halten des zum Brenner (10) rückzuführenden Brüdenteils auf einer Temperatur über der Kondensations-
temperatur des im Brüdenteil enthaltenen Wasserdampfes; und
Verbrennen der im rückgeführten Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner (10).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur des rückgeführten Brüdenteils während des Rückführens jederzeit
über der Kondensationstemperatur gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Haltetemperatur mindestens 100 °C, bevorzugt mindestens 105 °C, noch bevorzugt mindestens 110 °C beträgt.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt des Haltens der Temperatur über der Kondensationstemperatur ein wahlweises Vorwärmen einer zur Rückführung des Brüdens vorgesehenen Rückführleitung (82) umfasst.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei Vorwärmluft zum Vorwärmen in die wenigstens eine Rückführleitung (82) eingeleitet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Schritt des Rückführens ein Rückführen eines ersten Brüdenteils als Verbrennungsluft direkt in die Brennkammer (12) des Brenners (10) und/oder ein Rückführen eines zweiten Brüdenteils als Kühlluft an die Muffel des Brenners (10) umfasst.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Volumenstrom des der Brennkammer (12) zugeführten ersten Brüdenteils und/oder der Volumenstrom des der Muffel zugeführten zweiten Brüdenteils in Abhängigkeit von der Brennerleistung und/oder dem in der Trocknungskammer (22) benötigten Volumenstrom geregelt wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Schritt des Verbrennens ein Verbrennen der im rückgeführten Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe bei Temperaturen im Bereich von 750 °C bis 1200 °C umfasst.
9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Holzspantrocknungsanlage (100).
- 25 10. Vorrichtung (80) zur Reduzierung von Schadstoffen, die in einer Trocknungsanlage (100) beim Trocknen von feuchtem Gut, insbesondere von feuchten Holzspänen, entstehen, wobei die Vorrichtung (80) dazu ausgebildet ist, wenigstens einen Teil des aus einer Trocknungskammer (12) der Trocknungsanlage (100) austretenden Brüdens zu einem Brenner (10) der Trocknungsanlage (100) rückzuführen, um die im Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe zu verbrennen, und wobei die Vorrichtung (80) ferner dazu ausgebildet ist, die Temperatur des rückzuführenden Brüdenteils auf einer Temperatur über der Kondensationstemperatur des im Brüdenteil mitgeführten Wasserdampfes zu halten.
- 30 11. Vorrichtung (80) nach Anspruch 10, wobei die Vorrichtung (80) wenigstens eine Rückführleitung (82) umfasst, die mit ihrem ersten Ende mit dem Ausgang der Trocknungskammer (22) oder mit einer Rückbrüdenleitung (50) der Trocknungsanlage (100) und mit ihrem zweiten Ende mit dem Brenner (10) der Trocknungsanlage (100) gekoppelt ist.
- 35 12. Vorrichtung (80) nach Anspruch 11, wobei die wenigstens eine Rückführleitung (82) thermisch isoliert ist, und/oder wobei die Vorrichtung (80) ferner eine Vorwärmeinrichtung (86) umfasst, die dazu vorgesehen ist, die wenigstens eine Rückführleitung (82) bedarfsweise vorzuwärmen.
- 40 13. Vorrichtung (80) nach Anspruch 12, wobei die Vorwärmeinrichtung (86) eine Vorwärmgasquelle umfasst, die wahlweise mit der wenigstens einer Rückführleitung (82) der Rückführeinrichtung koppelbar ist, um Vorwärmgas in die Rückführleitung (82) einzuleiten.
- 45 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Vorrichtung wenigstens einen Förderventilator (84a, 84b) umfasst, der in der wenigstens einer Rückführleitung (82) angeordnet ist und zur Einstellung des Volumenstroms des rückzuführenden Brüdenteils ausgebildet ist.
- 50 15. Holzspantrocknungsanlage (100) zum Trocknen von feuchten Holzspänen, umfassend:

einen Trockner (20) mit einer Trocknungskammer (22) zum Trocknen von feuchten Holzspänen unter Einleitung von heißem Trocknungsgas in die Trocknungskammer (22);

einen Brenner (10) mit einer Brennkammer (12) zur Bereitstellung des heißen Trocknungsgases; und

55 die Vorrichtung (80) nach einem der Ansprüche 10 bis 14 zur Rückführung wenigstens eines Teils des aus der Trocknungskammer (22) austretenden Brüdens zu dem Brenner (10), um die im Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner (10) zu verbrennen.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Holzspantrocknungsanlage (100), die beim Trocknen von feuchten Holzspänen in der Holzspantrocknungsanlage (100) entstehen, wobei das Verfahren umfasst:
5 Rückführen wenigstens eines Teils des beim Trocknen der feuchten Holzspäne entstehenden Brüdens zu einem Brenner (10) der Holzspantrocknungsanlage (100);
 Halten des zum Brenner (10) rückzuführenden Brüdenteils auf einer Temperatur über der Kondensations-
 temperatur des im Brüdenteil enthaltenen Wasserdampfes; und
10 Verbrennen der im rückgeführten Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner (10).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur des rückgeführten Brüdenteils während des Rückführens jederzeit über der Kondensationstemperatur gehalten wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Haltetemperatur mindestens 100 °C, bevorzugt mindestens 105 °C, noch bevorzugt mindestens 110 °C beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Schritt des Haltens der Temperatur über der Kondensationstemperatur ein wahlweises Vorwärmen einer zur Rückführung des Brüdens vorgesehenen Rückführleitung (82)
20 umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei Vorwärmluft zum Vorwärmen in die wenigstens eine Rückführleitung (82) eingeleitet wird.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Schritt des Rückführens ein Rückführen eines ersten Brüdenteils als Verbrennungsluft direkt in die Brennkammer (12) des Brenners (10) und/oder ein Rückführen eines zweiten Brüdenteils als Kühlluft an die Muffel des Brenners (10) umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Volumenstrom des der Brennkammer (12) zugeführten ersten Brüdenteils und/oder der Volumenstrom des der Muffel zugeführten zweiten Brüdenteils in Abhängigkeit von der Brennerleistung und/oder dem in der Trocknungskammer (22) benötigten Volumenstrom geregelt wird.
30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Schritt des Verbrennens ein Verbrennen der im rückgeführten Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe bei Temperaturen im Bereich von 750 °C bis 1200 °C umfasst.
35
9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zum Reduzieren von Schadstoffen in einer Holzspantrocknungsanlage (100).
10. Vorrichtung (80) zur Reduzierung von Schadstoffen, die in einer Holzspantrocknungsanlage (100) beim Trocknen von feuchten Holzspänen entstehen, wobei die Vorrichtung (80) dazu ausgebildet ist, wenigstens einen Teil des aus einer Trocknungskammer (12) der Holzspantrocknungsanlage (100) austretenden Brüdens zu einem Brenner (10) der Holzspantrocknungsanlage (100) rückzuführen, um die im Brüdenteil enthaltenen Schadstoffe zu verbrennen, und wobei die Vorrichtung (80) ferner dazu ausgebildet ist, die Temperatur des rückzuführenden Brüdenteils auf einer Temperatur über der Kondensationstemperatur des im Brüdenteil mitgeführten Wasserdampfes zu halten.
40
- 45 11. Vorrichtung (80) nach Anspruch 10, wobei die Vorrichtung (80) wenigstens eine Rückführleitung (82) umfasst, die mit ihrem ersten Ende mit dem Ausgang der Trocknungskammer (22) oder mit einer Rückbrüdenleitung (50) der Holzspantrocknungsanlage (100) und mit ihrem zweiten Ende mit dem Brenner (10) der Holzspantrocknungsanlage (100) gekoppelt ist.
50
12. Vorrichtung (80) nach Anspruch 11, wobei die wenigstens eine Rückführleitung (82) thermisch isoliert ist, und/oder wobei die Vorrichtung (80) ferner eine Vorwärmeinrichtung (86) umfasst, die dazu vorgesehen ist, die wenigstens eine Rückführleitung (82) bedarfsweise vorzuwärmen.
- 55 13. Vorrichtung (80) nach Anspruch 12, wobei die Vorwärmeinrichtung (86) eine Vorwärmgasquelle umfasst, die wahlweise mit der wenigstens einer Rückführleitung (82) der Rückführeinrichtung koppelbar ist, um Vorwärmgas in die Rückführleitung (82) einzuleiten.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Vorrichtung wenigstens einen Förderventilator (84a, 84b) umfasst, der in der wenigstens einen Rückführleitung (82) angeordnet ist und zur Einstellung des Volumenstroms des rückzuführenden Brudenteils ausgebildet ist.

5 15. Holzspantrocknungsanlage (100) zum Trocknen von feuchten Holzspänen, umfassend:

einen Trockner (20) mit einer Trocknungskammer (22) zum Trocknen von feuchten Holzspänen unter Einleitung von heißem Trocknungsgas in die Trocknungskammer (22);

einen Brenner (10) mit einer Brennkammer (12) zur Bereitstellung des heißen Trocknungsgases; und

10 die Vorrichtung (80) nach einem der Ansprüche 10 bis 14 zur Rückführung wenigstens eines Teils des aus der Trocknungskammer (22) austretenden Brüdens zu dem Brenner (10), um die im Brudenteil enthaltenen Schadstoffe im Brenner (10) zu verbrennen.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

15

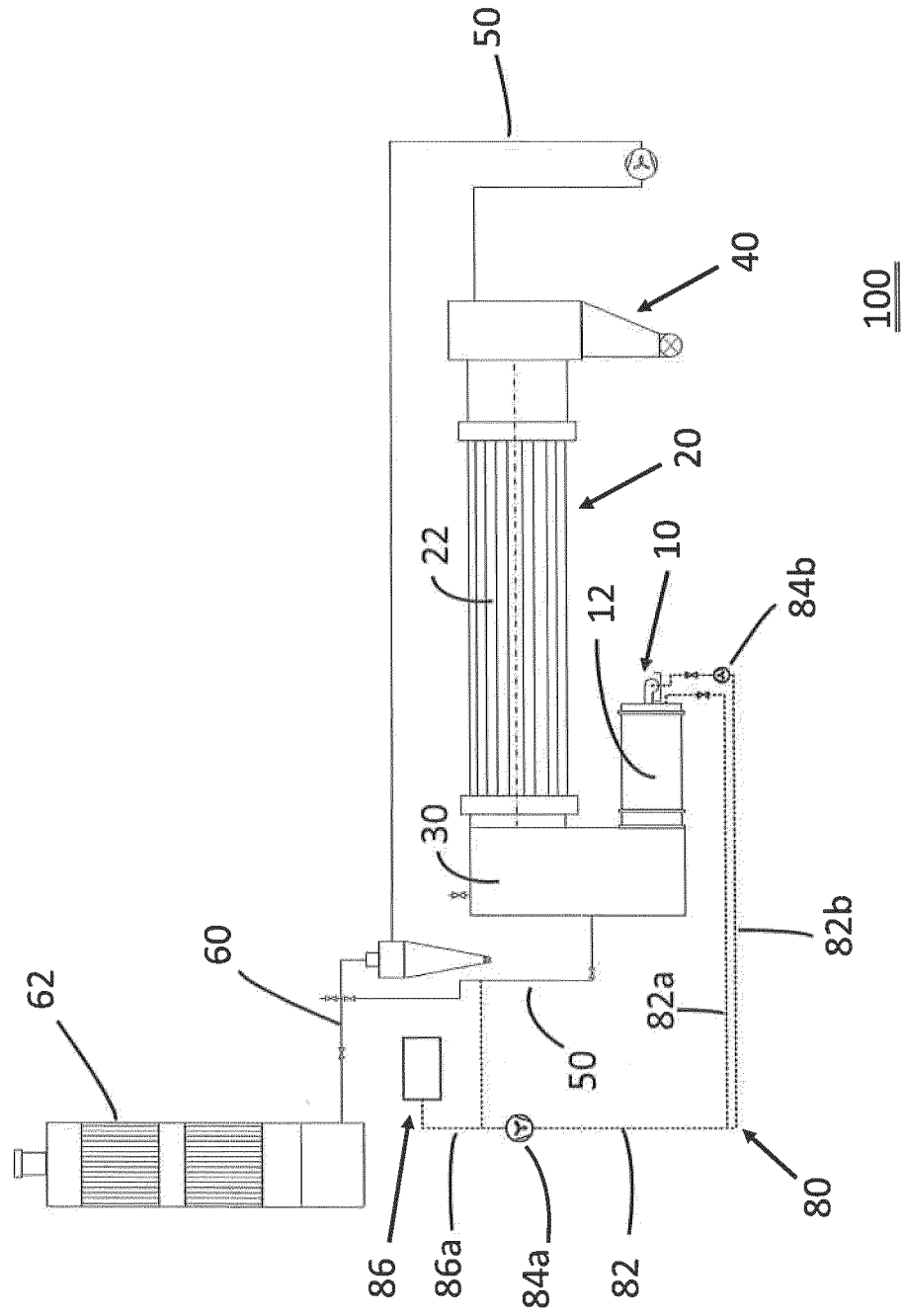
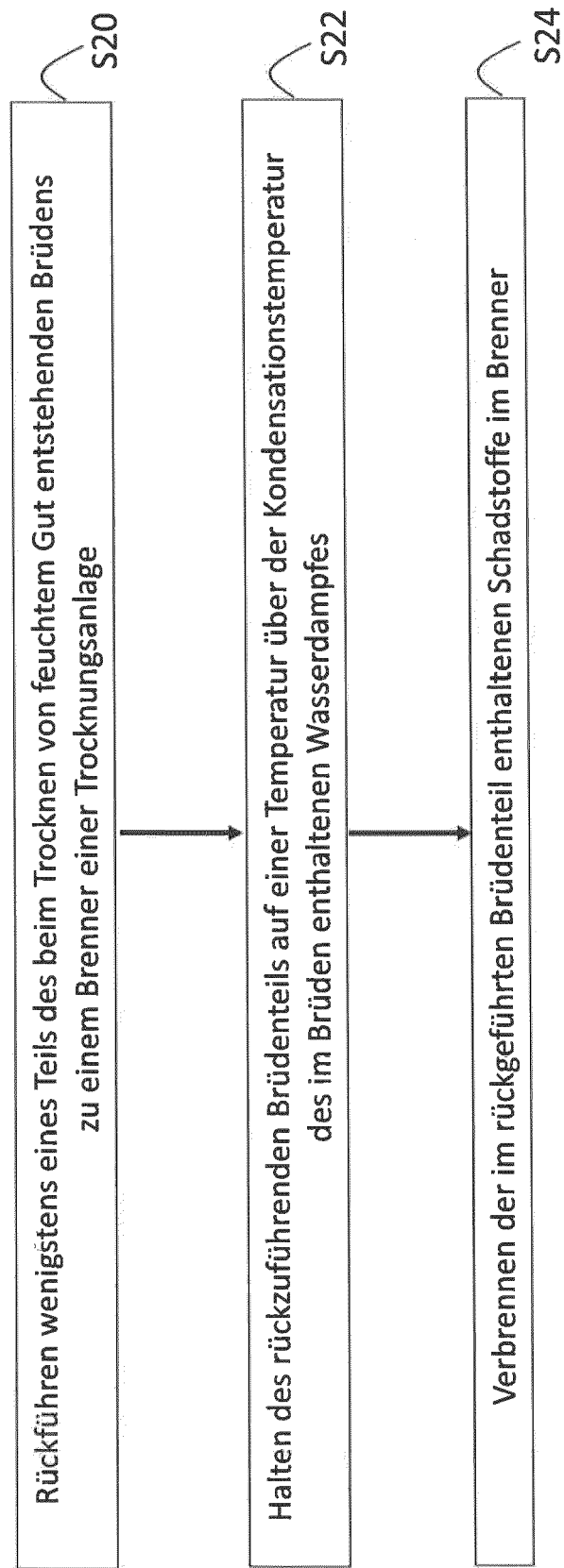


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 5267

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 749 160 A (DEXTER JEFFREY L [US] ET AL) 12. Mai 1998 (1998-05-12)	1-3, 7, 9-11, 14, 15	INV. F26B23/02
Y	* Spalte 1, Zeile 25 * * Spalte 1, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 36 * * Spalte 3, Zeile 62 - Spalte 4, Zeile 4; Abbildungen *	4, 5, 12, 13	
Y	WO 2012/096900 A2 (WHITFIELD JERRY [US]) 19. Juli 2012 (2012-07-19) * Seite 23, Zeile 11 - Zeile 19; Abbildungen *	4, 5, 12, 13	
X	US 5 809 664 A (LEGROS ROBERT [CA] ET AL) 22. September 1998 (1998-09-22)	1-4, 6-8	
Y	* Spalte 4, Zeile 37 - Spalte 5, Zeile 40; Abbildung 1 *	5, 9, 10, 14, 15	
Y, D	EP 2 230 477 A1 (KRONOTEC AG [CH]) 22. September 2010 (2010-09-22) * Ansprüche; Abbildungen *	5, 9, 10, 14, 15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 3 675 600 A (JONES ALLEN J) 11. Juli 1972 (1972-07-11) * Spalte 2, Zeile 68 - Zeile 70 * * Spalte 3, Zeile 64 - Spalte 4, Zeile 35; Abbildung 1 *	1-15	F26B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. April 2024	Prüfer Mootz, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 21 5267

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

02-04-2024

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5749160 A	12-05-1998	CA 2167887 A1	15-08-1996
		CH 691511 A5	31-07-2001
		DE 19606892 A1	22-08-1996
		GB 2298033 A	21-08-1996
		IT 1283920 B1	07-05-1998
		US 5524361 A	11-06-1996
		US 5749160 A	12-05-1998

WO 2012096900 A2	19-07-2012	KEINE	

US 5809664 A	22-09-1998	CA 2178575 A1	08-12-1997
		US 5809664 A	22-09-1998
		US 5913588 A	22-06-1999

EP 2230477 A1	22-09-2010	AU 2010223604 A1	08-09-2011
		BR PI1009439 A2	01-03-2016
		CA 2753123 A1	16-09-2010
		CN 102348949 A	08-02-2012
		EP 2230477 A1	22-09-2010
		ES 2532627 T3	30-03-2015
		HU E024574 T2	29-02-2016
		JP 5734879 B2	17-06-2015
		JP 2012519828 A	30-08-2012
		KR 20110126163 A	22-11-2011
		KR 20160105536 A	06-09-2016
		PL 2230477 T3	29-05-2015
		PT 2230477 E	04-03-2015
		RU 2011140939 A	20-04-2013
		SI 2230477 T1	30-04-2015
		UA 106746 C2	10-10-2014
		US 2011305897 A1	15-12-2011
		WO 2010102736 A1	16-09-2010
		ZA 201106123 B	31-10-2012

US 3675600 A	11-07-1972	CA 942943 A	05-03-1974
		US 3675600 A	11-07-1972

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4023518 A1 [0004]
- EP 2230477 A1 [0005]
- US 5983521 A [0006]
- WO 0159381 A1 [0007]