

(19)



(11)

EP 2 124 007 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

25.11.2009 Patentblatt 2009/48

(51) Int Cl.:

F26B 21/08 (2006.01)**F26B 25/00 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **08009528.4**(22) Anmeldetag: **24.05.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS(71) Anmelder: **Luwa Air Engineering AG****8610 Uster (CH)**

(72) Erfinder:

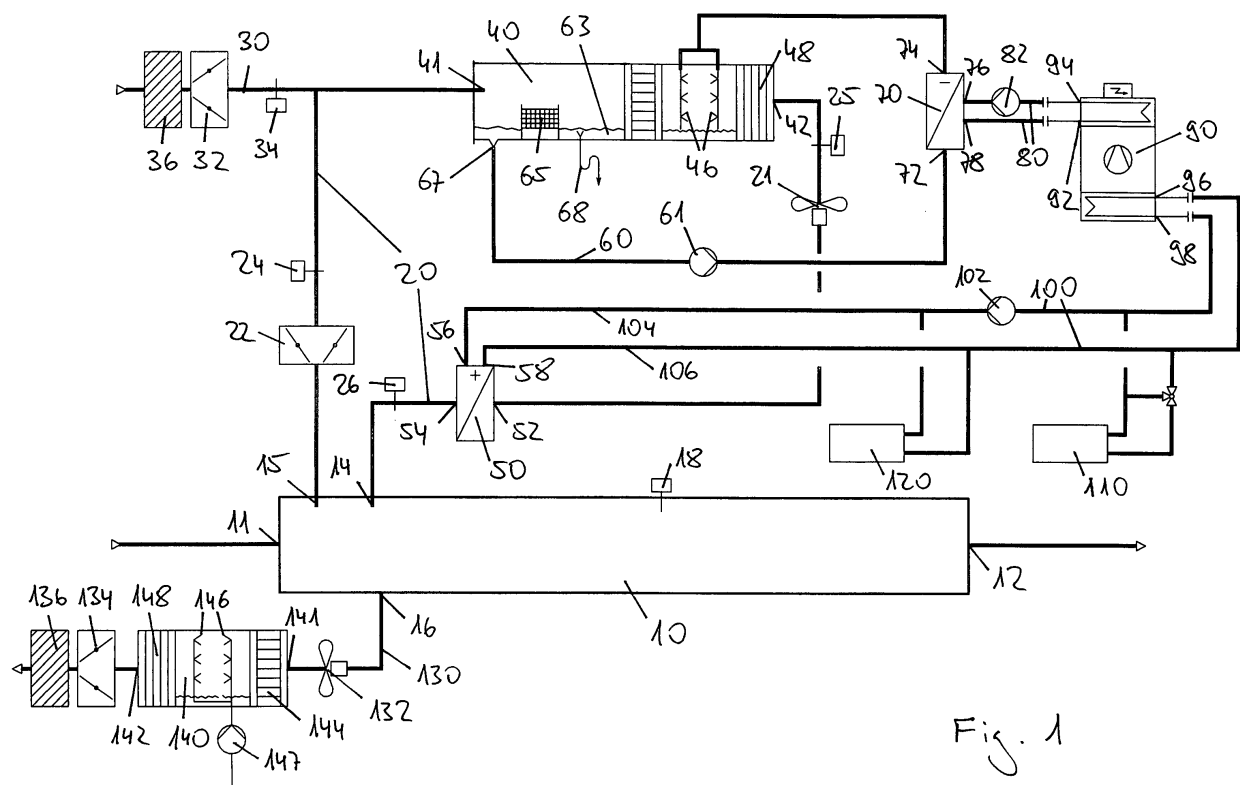
- **Faeh, Roman**
8335 Hittnau (CH)

- **Bollier, Walter**
8134 Adliswil (CH)

(74) Vertreter: **Schaad, Balass, Menzl & Partner AG****Dufourstrasse 101****Postfach****8034 Zürich (CH)**(54) **Verfahren zum Trocknen von Klärschlamm**

(57) Verfahren zum Tieftemperatur-Trocknen von mechanisch entwässertem Klärschlamm durch Beaufschlagen mit Luft. Dabei wird die Luft in einem Kaltwasser-Luftwäscher (40) abgekühlt und entfeuchtet und die

entfeuchtete Luft vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes aufgewärmt. Das Washwasser aus dem Kaltwasser-Luftwäscher (40) wird zumindest teilweise rezirkuliert.

**EP 2 124 007 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Tieftemperatur-Trocknen von mechanisch entwässertem Klärschlamm.

[0002] In besiedelten Gebieten fallen jedes Jahr grosse Mengen von verunreinigtem Wasser aus Haushalten und Industriebetrieben an. Solche Abwässer enthalten allerhand unerwünschter Inhaltsstoffe, wie giftige oder umweltschädliche Substanzen oder Krankheitserreger, aber auch wertvolle Substanzen wie Pflanzennährstoffe. Die Abwässer werden typischerweise einer Kläranlage zugeführt, wo das Wasser filtriert, gereinigt und aufbereitet wird, bevor es wieder an die Umwelt abgegeben werden kann. Zur Reinigung der Abwässer werden mechanische, biologische und chemische Verfahren eingesetzt.

[0003] Als Rückstand bleibt Klärschlamm zurück, eine Mischung aus Wasser und Feststoffen. Der Klärschlamm enthält nebst den ursprünglich im Abwasser enthaltenen Feststoffen auch die bei der chemischen und/oder biologischen Abwasserreinigung anfallenden Feststoffe. Klärschlamm weist im Ausgangszustand einen geringen Feststoffgehalt auf. Durch mechanisches Entwässern mittels Schwerkrafteindickung und Zentrifugieren werden Feststoffgehalte von etwa 30-35% erreicht.

[0004] Bis vor einigen Jahren wurde ein Grossteil des Klärschlammes zum Düngen von Agrarflächen verwendet. Dadurch konnten die im Klärschlamm enthaltenen Nährstoffe, wie Phosphate oder Stickstoff-Verbindungen, recycelt werden. Diese Verwertung hat aber, aufgrund von im Klärschlamm ebenfalls enthaltenen Schwermetallen und schwer abbaubaren organischen Schadstoffen, grosse negative Auswirkungen auf die Umwelt. Aus diesem Grund wurde in Europa die Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel in der letzten Dekade schrittweise eingeschränkt und in mehreren Ländern komplett verboten. So darf zum Beispiel in der Schweiz seit 2006 überhaupt kein Klärschlamm mehr auf Agrarflächen ausgebracht werden.

[0005] Als Konsequenz dieses Verbots musste ein neuer Weg für die Entsorgung von Klärschlamm gefunden werden. Allein in der Schweiz fallen jährlich ca. 200'000 Tonnen Trockenmasse an Klärschlamm an, so dass eine umweltschonende und kostengünstige Entsorgung von grosser Wichtigkeit ist.

[0006] Ein Grossteil des anfallenden Klärschlammes wird heute gemäss den gängigen Umweltnormen verbrannt, was aufgrund des hohen organischen Anteils des Klärschlammes gut machbar ist. Dabei kann der Klärschlamm für die Energieproduktion genutzt werden, was zusätzlich vorteilhaft ist, da die Verbrennung von Abfällen in Bezug auf das Kyoto-Protokoll als CO₂-neutral angesehen wird. Typischerweise wird der mechanisch entwässerte Klärschlamm entweder einer Müllverbrennungsanlage zugeführt, oder er wird zu einem Granulat getrocknet und in einem Zementwerk verbrannt. Der hohe organische Anteil des Klärschlamm-Granulats macht es zu einem wertvollen Alternativ-Brennstoff für die Zementindustrie.

[0007] Voraussetzung für die Verwertung von Klärschlamm in einem Zementwerk ist, dass dieser einen Trockensubstanz-Anteil von mindestens 95% aufweist. Deshalb muss der mechanisch entwässerte Klärschlamm vor einer solchen Verwertung zunächst weiter getrocknet werden. Für die Trocknung von mechanisch entwässertem Klärschlamm sind verschiedene Verfahren bekannt, zum Beispiel die Wirbelschichttrocknung, die Trommeltrocknung, die Scheibentrocknung, die Mitteltemperatur-Bandrocknung, die Niedertemperatur-/Umlufttrocknung oder die solare Trocknung.

[0008] Bei der Mitteltemperatur-Bandrocknung wird der Klärschlamm mittels Förderband durch einen Trockner geführt und dabei mit erwärmter Luft durchströmt. Die Temperatur im Trockner beträgt maximal 85 °C. Dieses Verfahren kann auch mit einer vorgeschalteten Dünnschichtverdampfung kombiniert werden. Ein Niedertemperatur-/Umlufttrockner ist ein Bandrockner, der mit einem Umluftkreislauf und ohne Schlammrückmischung betrieben wird.

[0009] Als besonders energiesparend und umweltfreundlich hat sich die Niedertemperaturtrocknung, wie sie beispielsweise in DE 10 2004 051 975 beschrieben ist, erwiesen. Dabei wird der Klärschlamm mit warmer Luft getrocknet, die eine Temperatur von ca. 50-200 °C, bevorzugt 80-120 °C, aufweist. Die zum Aufheizen der Luft benötigte Wärme kann zum Beispiel durch die Umgebungsluft, Abwärme aus der Kläranlage oder von einem Brenner zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund der relativ niedrigen Trockentemperatur hält sich auch der Energiebedarf in Grenzen.

[0010] Ein gewichtiger Nachteil der Niedertemperatur-Trocknung von Klärschlamm ist die Entstehung von erheblichen Geruchsemissionen. Diese werden durch im Klärschlamm enthaltene, unangenehm riechende Substanzen - wie zum Beispiel Ammoniak oder Mercaptane - verursacht, die zusammen mit der Abluft an die Umgebung abgegeben werden.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein energiesparendes, umweltschonendes und kostengünstiges Verfahren zur Trocknung von Klärschlamm zur Verfügung zu stellen, bei dem Geruchsemissionen weitgehend vermieden werden.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren gemäss Anspruch 1. Weitere bevorzugte Ausführungsformen bilden Gegenstand abhängiger Ansprüche.

[0013] Erfindungsgemäss wird mechanisch entwässertem Klärschlamm, der typischerweise einen Feststoffanteil von ca. 30-35% aufweist, in einem Tieftemperatur-Verfahren durch Beaufschlagen mit Luft getrocknet. Je nachdem, wie der getrocknete Klärschlamm später verwertet oder entsorgt werden soll, kann ein bestimmter (minimaler) Feststoffanteil nötig oder gewünscht sein. So muss getrockneter Klärschlamm für die Verbrennung in einem Zementwerk, beispiels-

weise, einen Feststoffanteil von mindestens 95% aufweisen. Es ist daher besonders vorteilhaft, wenn die Verfahrensbedingungen - wie zum Beispiel die Dauer des Beaufschlagens, die Temperatur der Luft, die relative und/oder absolute Feuchte der Luft, die Enthalpie der Luft, die Klärschlamm-Menge, die Schichtung des Klärschlammes, die Schichtdicke und/oder ein kontinuierlicher oder Batch-Betrieb - derart gewählt werden, dass der getrocknete Klärschlamm den gewünschten Feststoffanteil aufweist.

[0014] Beim Beaufschlagen mit Luft kann die Luft zum Beispiel über den Klärschlamm hinweg oder durch diesen hindurch geführt werden. Der Klärschlamm kann dabei beispielsweise auf einem Förderband durch einen Trockenraum bewegt werden. Falls die Luft durch den Klärschlamm hindurch geführt wird, quer zur Transportrichtung des Klärschlammes, ist der Klärschlamm vorzugsweise auf einer gitter- oder siebartigen Unterlage aufgebracht, so dass die Luft durch die Unterlage hindurch geblasen werden kann.

[0015] Im erfindungsgemässen Verfahren wird die Luft in einem Kaltwasser-Luftwäscher entfeuchtet. Dabei wird die Luft mit kaltem Waschwasser besprüht und abgekühlt, und es wird zumindest ein Teil der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit entfernt bzw. auskondensiert. Gleichzeitig findet ein Wärmeaustausch zwischen den beiden Medien statt. Erfindungsgemäss wird das Waschwasser zumindest teilweise recirkuliert. Ausserdem werden im Kaltwasser-Luftwäscher auch allfällige in der Luft enthaltene Feststoffpartikel herausgewaschen. Diese können später zum Beispiel mittels eines Filters aus dem Waschwasser entfernt werden. Als Waschwasser kann im Kaltwasser-Luftwäscher auch zumindest teilweise entsprechend kühles Frischwasser zum Entfeuchten der Luft eingesetzt werden. Vorzugsweise wird das Waschwasser vor dem Besprühen der Luft abgekühlt. Dabei kann zur Kälteerzeugung beispielsweise eine Kältemaschine verwendet werden.

[0016] Vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes mit der entfeuchteten Luft wird letztere erwärmt, beispielsweise in einem Wärmetauscher. Zum Erwärmen der entfeuchteten Luft wird ein Wärmeträger, beispielsweise Wasser, vorzugsweise mit der Abwärme aus der Kälteerzeugung erwärmt. Alternativ kann eine beliebige andere Wärmequelle oder Kombinationen von Wärmequellen verwendet werden, zum Beispiel ein elektrischer Ofen oder ein Verbrennungsofen.

[0017] Durch das erfindungsgemässe Verfahren wird der Energiebedarf zum Trocknen des Klärschlammes verringert: Da das Verfahren bei tiefer Temperatur durchgeführt wird, muss weniger Energie zum Aufwärmen der Luft aufgewendet werden.

[0018] Zusätzlich zum geringen Energieverbrauch werden durch das erfindungsgemässe Tieftemperatur-Trocknungsverfahren auch die Geruchsemissionen weitgehend vermieden. Olfaktometrische Studien (siehe Beispiele) haben gezeigt, dass die Geruchsemissionen mit steigender Enthalpie der Trocknungsluft deutlich zunehmen. Da das erfindungsgemässe Verfahren vorzugsweise bei tiefen Enthalpie-Werten durchgeführt wird, werden die Geruchsemissionen weitgehend vermieden.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Temperatur und die Feuchte der Luft im erfindungsgemässen Verfahren derart geregelt, dass die Enthalpie der Luft während des gesamten Verfahrens, also während des Beaufschlagens, des Waschens und des Erwärmens, zwischen 15 und 80 kJ/kg, beträgt, insbesondere zwischen 20 und 60 kJ/kg. Auf diese Weise können Energiebedarf und Geruchsemissionen minimiert werden. Sofern eine Klärschlamm-Charge besonders geruchsintensiv ist, wird die entsprechende Umweltbelastung durch Einstellen eines besonders tiefen Enthalpie-Werts vermindert bzw. völlig eliminiert.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zum Beaufschlagen des Klärschlammes zumindest teilweise recirkulierte Luft verwendet. Dabei wird zumindest ein Teil der Luft nach dem Beaufschlagen des Klärschlammes im Kaltwasser-Luftwäscher gewaschen und recirkuliert. Durch die Verwendung von recirkulierter Luft im erfindungsgemässen Verfahren wird der Bedarf an Frischluft gesenkt. Ausserdem wird auch die Menge an Luft verringert, die an die Umgebung abgegeben wird. Da der nicht recirkulierte Teil der Luft, die Abluft, vor der Abgabe an die Umgebung gereinigt werden muss, können durch Senken der Luftabgabemenge an die Umgebung die Verfahrenskosten gesenkt werden. Im Weiteren ist, je nach Witterungsbedingungen, der Energieaufwand zum Entfeuchten und Erwärmen der recirkulierten Luft geringer als derjenige, der für das Entfeuchten und Erwärmen von Frischluft nötig wäre. In diesem Fall können der Energieverbrauch und damit die Kosten der Klärschlamm-Trocknung weiter gesenkt werden.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zum Beaufschlagen des Klärschlammes zumindest teilweise Frischluft verwendet. Je nach Witterungsbedingungen ist die Verwendung von mehr oder weniger Frischluft bzw. recirkulierter Luft energetisch und wirtschaftlich günstiger.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Menge an zugeführter Frischluft in Abhängigkeit von der Enthalpie des Systems gesteuert wird. Zu diesem Zweck werden die Temperatur und die relative Feuchte der Luft nach dem Beaufschlagen des Klärschlammes und diejenige der Frischluft gemessen. Daraus wird die Enthalpie der beiden "Luft-Typen" bestimmt, zum Beispiel anhand eines Psychrometer-Diagramms. Um die Geruchsemissionen möglichst niedrig zu halten, ist eine möglichst tiefe Enthalpie während des Verfahrens von Vorteil. Ausserdem soll der Energieverbrauch möglichst niedrig gehalten werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Menge an zugeführter Frischluft in Abhängigkeit von der Herkunft und/oder der Zusammensetzung des Klärschlammes gesteuert.

[0024] Je nach Herkunft und/oder Zusammensetzung des Klärschlammes wird der Fachmann erwarten, dass der

Klärschlamm grössere oder kleinere Mengen an Geruchsstoffen enthält. Um zu verhindern, dass beim erfindungsgemässen Trocknungsverfahren Geruchsemissionen auftreten, ist es daher von Vorteil, bei besonders geruchsintensivem Klärschlamm möglichst wenig Abluft an die Umgebung abzugeben. Dies könnte zum Beispiel der Fall sein, wenn im Klärschlamm Schlachtabfälle enthalten sind. Ausserdem ist es besonders vorteilhaft, wenn im Fall von besonders geruchsintensivem Klärschlamm die Enthalpie des Systems besonders tief gewählt wird.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Luft im Kaltwasser-Luftwäscher auf eine Temperatur von 3-15 °C, insbesondere von 5-10 °C, abgekühlt. Luft enthält bei Normaldruck und bei einer Temperatur von 15 °C maximal 12.8 g Wasser pro m³ Luft, bei 10 °C maximal 9.4 g/m³, und bei 5 °C maximal 6.8 g/m³. Idealerweise wird die Luft im Kaltwasserwäscher auf eine Temperatur von etwa 8 °C abgekühlt. Vorzugsweise wird die Temperatur des Waschwassers derart geregelt, dass die Luft im Kaltwasser-Luftwäscher auf eine Temperatur von 3-15 °C, insbesondere von 5-10 °C, abgekühlt wird.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird die entfeuchtete Luft nach dem Kaltwasser-Luftwäscher vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes auf eine Temperatur von 25-45 °C, insbesondere von 30-40 °C, erwärmt. Durch das Erwärmen der entfeuchteten Luft sinkt die relative Feuchte der Luft, so dass die Luft mehr Feuchtigkeit aus dem zu trocknenden Klärschlamm aufnehmen kann. Gleichzeitig bleibt aber die Temperatur und die Enthalpie der Luft während des gesamten Verfahrens so tief, dass Geruchsemissionen im Wesentlichen vermieden werden.

[0027] In einer bevorzugten Ausführungsform wird zum Erwärmen der Luft zumindest teilweise Abwärme aus der Kälteerzeugung für das Abkühlen des Waschwassers verwendet. Dabei kann die Wärmeübertragung mittels eines beliebigen Wärmeträgers, zum Beispiel Wasser, erfolgen. Durch die Verwendung von Abwärme aus der Kälteerzeugung zum Erwärmen der Luft wird der Energiebedarf des erfindungsgemässen Verfahrens weiter gesenkt: Es muss weniger Wärme aus einer anderen Wärmequelle zugeführt werden.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform wird nach dem Beaufschlagen des Klärschlammes mit Luft ein erster Teil der Luft dem Kaltwasser-Luftwäscher zugeführt, und ein zweiter Teil der Luft wird, beispielsweise mittels Säurewäscher oder Biofilter, gereinigt und danach als Abluft an die Umgebung abgegeben. Im Säurewäscher können Ammoniak und andere Amine, Mercaptane, sowie allfällige Feststoffe aus der Luft entfernt werden. Dadurch wird eine Geruchs- und Umweltbelastung durch diese Stoffe verhindert.

[0029] Die vorliegende Erfindung wird anhand der Figuren 1 bis 5 weiter veranschaulicht. Es zeigt:

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform einer Vorrichtung zum Ausführen des erfindungsgemässen Verfahrens zum Tieftemperatur-Trocknen von Klärschlamm.

Fig. 2 ist eine grafische Darstellung der in Beispiel 1 dokumentierten Messresultate.

Fig. 3 ist eine grafische Darstellung der in Beispiel 2 dokumentierten Messresultate.

Fig. 4 ist eine grafische Darstellung der in Beispiel 3 dokumentierten Messresultate.

Fig. 5 ist eine grafische Darstellung der in Beispiel 4 dokumentierten Messresultate.

[0030] Beim in Figur 1 gezeigten erfindungsgemässen Verfahren wird mechanisch entwässerter Klärschlamm in einem Trockenraum 10 mit Luft beaufschlagt. Der Trockenraum 10 weist einen Klärschlamm-Einlass 11 sowie einen Klärschlamm-Auslass 12 auf. Der Klärschlamm wird beispielsweise auf einem Förderband (nicht gezeigt) durch den Trockenraum 10 transportiert. Die Luft zum Beaufschlagen des Klärschlammes gelangt durch einen Luft-Einlass 14 in den Trockenraum 10 und wird über einen Luft-Auslass 15 und/oder einen Abluft-Auslass 16 wieder aus diesem weggeführt. Eine Messeinrichtung 18 dient dazu, die Temperatur und die Feuchte der Luft im Trockenraum 10 zu bestimmen. Diese Werte dienen zur Ermittlung der Enthalpie der Luft.

[0031] Der Trockenraum 10 mit dem Luft-Einlass 14 und dem Luft-Auslass 15 ist Teil eines Luft-Kreislaufs 20. Im Luft-Kreislauf 20 wird die Luft mittels eines Ventilators 21 durch Luftleitungen bewegt und vom Trockenraum 10 durch einen Kaltwasser-Luftwäscher 40 und einen ersten Wärmetauscher 50 wieder zurück in den Trockenraum 10 geführt. Die Menge an Luft, die den Trockenraum 10 durch den Luft-Auslass 15 verlässt, wird über eine zwischen dem Trockenraum 10 und dem Kaltwasser-Luftwäscher 40 angeordnete erste Klappe 22 geregelt.

[0032] Der Luft-Kreislauf 20 weist drei Messeinrichtungen 24, 25, 26 auf, in denen die Temperatur und die Feuchte der Luft gemessen werden. Diese Werte dienen zur Ermittlung der Enthalpie der Luft an verschiedenen Stellen im Luft-Kreislauf 20: Zwischen der ersten Klappe 22 und dem Kaltwasser-Luftwäscher 40, zwischen dem Kaltwasser-Luftwäscher 40 und dem ersten Wärmetauscher 50, bzw. zwischen dem ersten Wärmetauscher 50 und dem Trockenraum 10. Die in den Messeinrichtungen 18, 24, 25 und 26 bestimmten Enthalpie-Werte dienen der Regelung und Kontrolle der Verfahrensbedingungen.

[0033] Durch eine Frischluft-Zuleitung 30 zwischen der Messeinrichtung 24 und dem Kaltwasser-Luftwäscher 40 kann

dem Luft-Kreislauf 20 Frischluft zugeführt werden. Die Menge an zugeführter Frischluft wird durch eine zweite Klappe 32 geregelt. Ausserdem weist die Frischluft-Zuleitung 30 ein Wetterschutzgitter 36 und eine Messeinrichtung 34 auf, welche durch die Messung von Temperatur und Feuchte der Frischluft die Bestimmung ihrer Enthalpie erlaubt. In Abhängigkeit der in den Messeinrichtungen 24 und 34 ermittelten Enthalpie-Werte wird mehr oder weniger Frischluft zugeführt.

[0034] Die Luft wird im Kaltwasser-Luftwäscher 40 entfeuchtet, abgekühlt und gereinigt. Dazu wird die Luft aus dem Luft-Kreislauf 20 durch einen Luft-Einlass 41 in den Kaltwasser-Luftwäscher 40 eingeführt. Der Kaltwasser-Luftwäscher 40 weist in Strömungsrichtung hintereinander einen Gleichrichter 44, Wasserspritzdüsen 46 sowie einen Tropfenabscheider 48 auf. Die durch den Luft-Einlass 41 eingeführte Luft wird zunächst durch den Gleichrichter 44 geleitet, um stromabwärts des Gleichrichters 44 eine gleichmässige Strömung zu erzielen. Danach wird die Luft durch den dichten Sprühregen von Waschwasser aus den Wasserspritzdüsen 46 geführt. Dabei wird die Luft abgekühlt und entfeuchtet, und es werden allfällige in der Luft enthaltene Feststoffpartikel ausgewaschen. Im Tropfenabscheider 48 werden schliesslich in der Luft allenfalls noch enthaltene Wassertröpfchen aus der Luft abgeschieden, bevor die abgekühlte und entfeuchtete Luft den Kaltwasser-Luftwäscher 40 durch einen Luft-Auslass 42 verlässt. Die Temperatur und Feuchte der entfeuchteten Luft wird durch die Messeinrichtung 25 gemessen.

[0035] Die durch den Luft-Auslass 42 aus dem Kaltwasser-Luftwäscher 40 austretende Luft wird durch einen Luft-Einlass 52 in den ersten Wärmetauscher 50 eingeführt, wo sie auf die gewünschte Trockentemperatur erwärmt wird. Durch einen Luft-Auslass 54 verlässt die erwärmte Luft den ersten Wärmetauscher 50 und tritt durch den Luft-Einlass 14 in den Trockenraum 10 ein. Die Temperatur und Feuchte der erwärmten Luft aus dem ersten Wärmetauscher 50 wird durch die Messeinrichtung 26 bestimmt.

[0036] In der gezeigten bevorzugten Ausführungsform kann Luft aus dem Trockenraum 10 durch den Abluft-Auslass 16 einer Abluft-Leitung 130 zugeführt werden. Die der Abluft-Leitung 130 zugeführte Luft wird mittels eines Ventilators 132 nacheinander durch einen Säurewäscher 140, eine dritte Klappe 134 und ein Wetterschutzgitter 136 geführt und an die Umgebung abgegeben. Die Menge an Luft, die durch die Abluft-Leitung 130 an die Umgebung abgegeben wird, wird durch den Ventilator 132 und/oder die dritte Klappe 134 geregelt.

[0037] Die Luft in der Abluft-Leitung 130 wird durch einen Luft-Einlass 141 in den Säurewäscher 140 eingeführt. Der Säurewäscher 140 weist einen Gleichrichter 144, Säuredüsen 146, zu denen durch eine Säurepumpe 147 Säure gepumpt wird, sowie einen Tropfenabscheider 148 auf. Die durch den Luft-Einlass 141 eingeführte Luft wird zunächst durch den Gleichrichter 144 geleitet, um eine gleichmässige Strömung zu erzielen. Danach wird die Luft mit Säure aus den Säuredüsen 146 besprüht. Dabei werden in der Luft enthaltene Feststoffe und Geruchsstoffe, wie zum Beispiel Ammoniak, entfernt. Im Tropfenabscheider 148 werden schliesslich in der Luft noch enthaltene Wasser- und/oder Säuretröpfchen aus der Luft entfernt, bevor die gereinigte Luft durch einen Luft-Auslass 142 aus dem Säurewäscher 140 herausgeführt wird.

[0038] Das im Kaltwasser-Luftwäscher 40 zum Entfeuchten der Luft verwendete Waschwasser wird zumindest teilweise in einem Waschwasser-Kreislauf 60 rezirkuliert. Das rezirkulierte Waschwasser wird im Waschwasser-Kreislauf 60 durch eine erste Wasserpumpe 61 gefördert. Vom Kaltwasser-Luftwäscher 40 wird das Waschwasser durch Wasserleitungen in einen zweiten Wärmetauscher 70 und dann wieder zurück geführt.

[0039] Das im Kaltwasser-Luftwäscher 40 durch die Wasserspritzdüsen 46 versprühte und zum Reinigen der Luft verwendete Waschwasser wird in einem Wasserbecken 63 gesammelt. Im Wasserbecken 63 wird das Waschwasser durch einen stehenden Wasserfilter 65 filtriert, um allfällige darin enthaltene Feststoffpartikel abzutrennen. Das Wasserbecken 63 weist einen ersten und einen zweiten Waschwasser-Auslass 67 und 68 auf. Durch den ersten Waschwasser-Auslass 67 wird das Waschwasser aus dem Wasserbecken 63 abgesaugt und durch Wasserleitungen des Waschwasser-Kreislaufs 60 zum zweiten Wärmetauscher 70 gepumpt. Das Waschwasser wird durch einen Waschwasser-Einlass 72 in den zweiten Wärmetauscher 70 eingeführt und darin abgekühlt, bevor es durch einen Waschwasser-Auslass 74 aus dem zweiten Wärmetauscher 70 weggeführt und zu den Wasserspritzdüsen 46 des Kaltwasser-Luftwäschers 40 gepumpt wird. Durch den zweiten Waschwasser-Auslass 68 des Wasserbeckens 63 kann Waschwasser aus dem Waschwasser-Kreislauf 60 abgeschlammmt werden.

[0040] Im zweiten Wärmetauscher 70 wird das rezirkulierte Waschwasser mit Wasser aus einem Primärkreislauf 80 abgekühlt. Das Wasser wird im Primärkreislauf 80 durch eine zweite Wasserpumpe 82 geführt, wobei es aus dem zweiten Wärmetauscher 70 durch Wasserleitungen in eine Kältemaschine 90 und wieder zurück geführt wird. Das Wasser gelangt durch die Wasser-Einlässe 76, bzw. 92, in den zweiten Wärmetauscher 70, respektive die Kältemaschine 90, und wird durch die Wasser-Auslässe 78, respektive 94, wieder aus diesen weggeführt. Die Kältemaschine 90 dient dazu, das Wasser im Primärkreislauf 80 abzukühlen.

[0041] Gleichzeitig erwärmt die Kältemaschine 90 Wasser, das in einem Sekundärkreislauf 100 zirkuliert. Das Wasser im Sekundärkreislauf 100 wird durch eine dritte Wasserpumpe 102 von der Kältemaschine 90, wo es erwärmt wird, durch ein erstes Verbindungsrohr 104 zum ersten Wärmetauscher 50 gepumpt, wo es zum Erwärmen der Luft verwendet wird, und durch ein zweites Verbindungsrohr 106 wieder zurück in die Kältemaschine 90 geführt. Dazu wird es durch die Wasser-Einlässe 56, bzw. 96, in den ersten Wärmetauscher 50, respektive die Kältemaschine 90, eingeführt und

durch die Wasser-Auslässe 58, respektive 98, wieder aus diesen weggeführt. Die Verwendung von mindestens einem Wasserkreislauf (in der gezeigten Ausführungsform der Primärkreislauf 80 und der Sekundärkreislauf 100) zusätzlich zum Waschwasserkreislauf 60 ist besonders vorteilhaft, da in diesem Fall das potentiell korrosive Waschwasser nur mit einem relativ kleinen Bereich einer Vorrichtung zum erfindungsgemässen Trocknen von Klärschlamm in Berührung kommt. Auf diese Weise kann die Lebensdauer einer solchen Vorrichtung verlängert werden.

[0042] Die beiden Verbindungsrohre 104 und 106 des Sekundärkreislaufs 100, die den ersten Wärmetauscher 50 mit der Kältemaschine 90 verbinden, sind ausserdem mit einer Wärmequelle 110 und einer Wärmeabfuhr 120 verbunden. Durch die Wärmequelle 110 kann dem Sekundärkreislauf 100 im Bedarfsfall zusätzliche Wärme zugeführt werden, während die Wärmeabfuhr 120 dazu dient, überschüssige Wärme aus dem Sekundärkreislauf 100 zu entfernen. Als Wärmequelle 100 zum Aufheizen des Wassers im Sekundärkreislauf 100 kann beispielsweise eine Wärmepumpe oder ein Boiler dienen. Als Wärmeabfuhr 120 kann zum Beispiel ein Kühlturm oder eine Boilervorwärmung verwendet werden, wobei letztere eine weitere Nutzung der überschüssigen Wärme erlaubt.

Beispiele

Beispiel 1: Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemission bei 20-22 °C

[0043] Jeweils 15 1 mechanisch entwässerter Klärschlamm aus der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Mellingen, Schweiz, mit einem Feststoffgehalt von etwa 30% wurden durch Beaufschlagen mit Luft getrocknet. Die nachfolgenden Messungen wurden in einer Pilotanlage in Uster, Schweiz, durchgeführt.

[0044] Vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes wurde die Luft auf eine Temperatur von ungefähr 20-22 °C und eine absolute Feuchte von 3.5 g/kg (Probe 1), 7.0 g/kg (Probe 2), respektive 10.0 g/kg (Probe 3) vorkonditioniert. Die Luft wurde mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s durch den Trockenraum geleitet, wobei die Luft durch den Klärschlamm hindurch geblasen wurde. Nach dem Beaufschlagen des Klärschlammes mit Luft wurde deren Temperatur, Feuchte und Enthalpie bestimmt.

[0045] Für die olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemission wurden nach dem Beaufschlagen Luftproben entnommen. Die Luftproben wurden am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) der Hochschule für Technik in Rapperswil, Schweiz, untersucht. Dazu wurde ein Olfaktometer des Typs TO 8 (ecoma GmbH, Honigsee, Deutschland) verwendet, das gemäss DIN EN 13725:2003 (D) kalibriert wurde. Die Messungen wurden jeweils mit 24 Probanden pro Luftprobe durchgeführt.

[0046] Die Resultate der Geruchsmessungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt und in Figur 2 grafisch dargestellt. Die angegebene Werte für den Geruch entsprechen jeweils dem Mittelwert aus den 24 Probanden-Einzelmessungen für die jeweilige Probe. Der Geruch wird in Geruchseinheiten (GE) quantifiziert. Je nach Stoffzusammensetzung wird eine Geruchsemission bei höheren oder tieferen Werten als unangenehm und/oder störend wahrgenommen.

Tabelle 1			
Probe	Temperatur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)	Geruch (GE/m ³)
1	21.3	28.0	130
2	20.0	39.0	157
3	20.0	46.0	2814

[0047] Es wurde gezeigt, dass der Geruch mit steigender Enthalpie bei ungefähr gleicher Temperatur zunimmt.

Beispiel 2: Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemission bei 25-28 °C

[0048] Die Messungen wurden analog zum Beispiel 1 durchgeführt, wobei die Luft aber auf eine Temperatur von ungefähr 25-28 °C und eine absolute Feuchte von 4.0 g/kg (Probe 4), 7.0 g/kg (Probe 5), respektive 9.2 g/kg (Probe 6) vorkonditioniert wurde.

[0049] Die Resultate der Geruchsmessungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt und in Figur 3 grafisch dargestellt.

Tabelle 2			
Probe	Temperatur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)	Geruch (GE/m ³)
4	25.8	34.8	126
5	27.5	48.0	176
6	26.5	49.0	2814

Es wurde gezeigt, dass der Geruch mit steigender Enthalpie bei ungefähr gleicher Temperatur zunimmt.

Beispiel 3: Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemission bei 35-38 °C

[0050] Die Messungen wurden analog zum Beispiel 1 durchgeführt, wobei die Luft aber auf eine Temperatur von ungefähr 35-38 °C und eine absolute Feuchte von 3.5 g/kg (Probe 7), 7.0 g/kg (Probe 8), respektive 8.5 g/kg (Probe 9) vorkonditioniert wurde.

[0051] Die Resultate der Geruchsmessungen sind in Tabelle 3 zusammengestellt und in Figur 4 grafisch dargestellt.

Tabelle 3			
Probe	Temperatur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)	Geruch (GE/m ³)
7	35.0	45.0	209
8	37.2	45.8	968
9	37.1	59.0	5962

Es wurde gezeigt, dass der Geruch mit steigender Enthalpie bei ungefähr gleicher Temperatur zunimmt.

Beispiel 4: Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemission bei 45-51 °C

[0052] Die Messungen wurden analog zum Beispiel 1 durchgeführt, wobei die Luft aber auf eine Temperatur von ungefähr 45-51 °C und eine absolute Feuchte von 3.5 g/kg (Probe 4), 7.0 g/kg (Probe 5), respektive 8.0 g/kg (Probe 6) vorkonditioniert wurde.

[0053] Die Resultate der Geruchsmessungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt und in Figur 5 grafisch dargestellt.

Tabelle 4			
Probe	Temperatur (°C)	Enthalpie (kJ/kg)	Geruch (GE/m ³)
10	45.7	55.0	384
11	49.5	69.0	556
12	50.9	70.3	6502

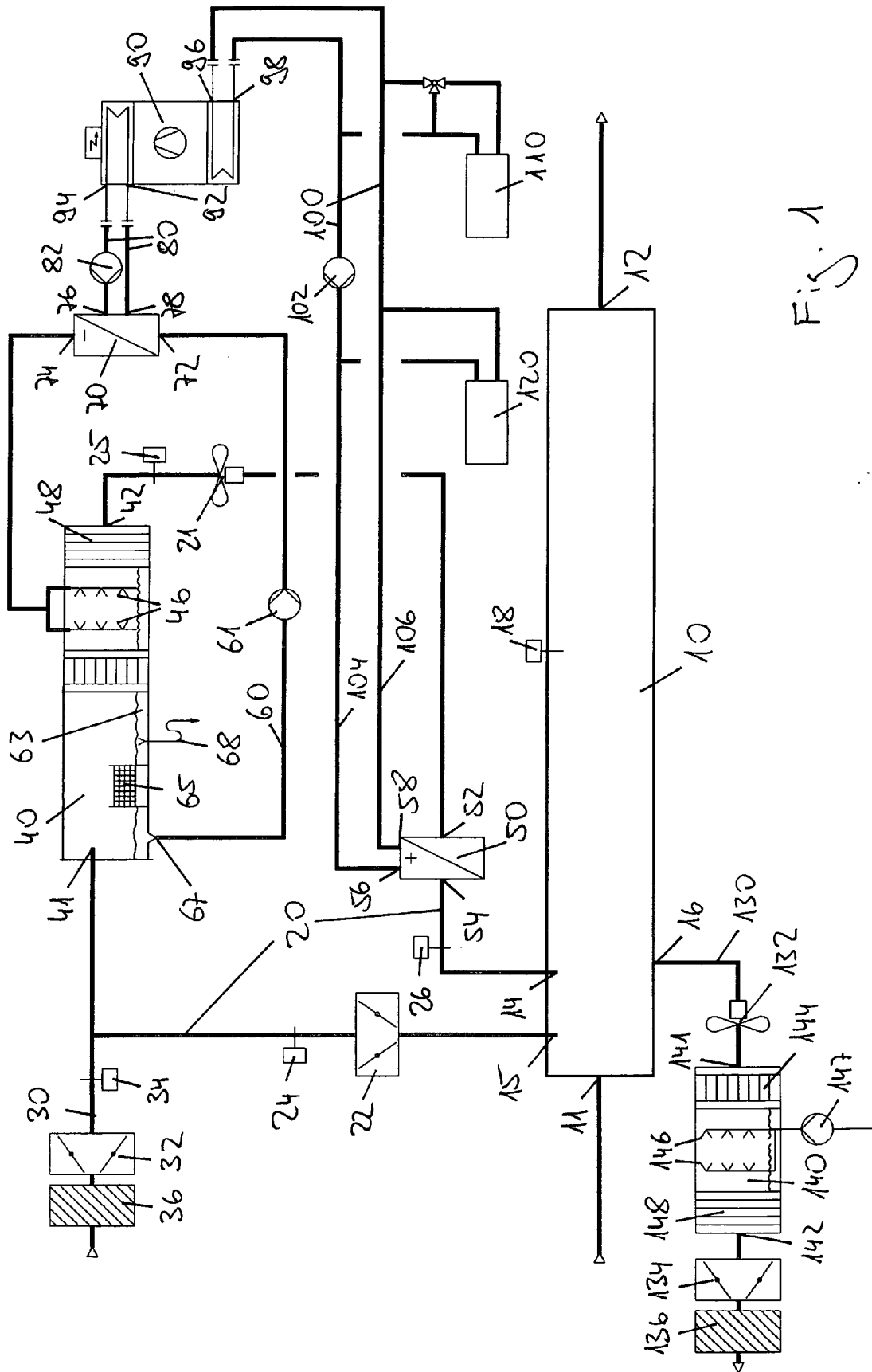
[0054] Es wurde gezeigt, dass der Geruch mit steigender Enthalpie bei ungefähr gleicher Temperatur zunimmt.

Patentansprüche

- Verfahren zum Tieftemperatur-Trocknen von mechanisch entwässertem Klärschlamm durch Beaufschlagen mit Luft, wobei die Luft in einem Kaltwasser-Luftwäscher abgekühlt und entfeuchtet wird, wobei das Waschwasser zumindest teilweise recirkuliert wird, und die abgekühlte und entfeuchtete Luft vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes aufgewärmt wird.
- Verfahren gemäss Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Enthalpie der Luft während des gesamten

Verfahrens zwischen 15 und 80 kJ/kg, beträgt, insbesondere zwischen 20 und 60 kJ/kg.

3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Beaufschlagen des Klärschlammes zumindest teilweise rezirkulierte Luft verwendet wird.
4. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Beaufschlagen des Klärschlammes zumindest teilweise Frischluft verwendet wird.
5. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge an zugeführter Frischluft in Abhängigkeit von der Enthalpie des Systems gesteuert wird.
6. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge an zugeführter Frischluft in Abhängigkeit von der Herkunft und/oder der Zusammensetzung des Klärschlammes gesteuert wird.
7. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Luft im Kaltwasser-Luftwäscher auf eine Temperatur von 3-15 °C, insbesondere auf eine Temperatur von 5-10 °C, abgekühlt wird.
8. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Luft vor dem Beaufschlagen des Klärschlammes auf eine Temperatur von 25-45 °C, insbesondere auf eine Temperatur von 30-40 °C, aufgewärmt wird.
9. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Aufwärmen der Luft zumindest teilweise Abwärme aus der Kälteerzeugung für das Abkühlen des Waschwassers verwendet wird.
10. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Beaufschlagen des Klärschlammes mit Luft ein erster Teil der Luft dem Kaltwasser-Luftwäscher zugeführt wird, und ein zweiter Teil der Luft einem Säurewäscher zugeführt und danach an die Umgebung abgegeben wird.



Geruch bei 20-22 °C

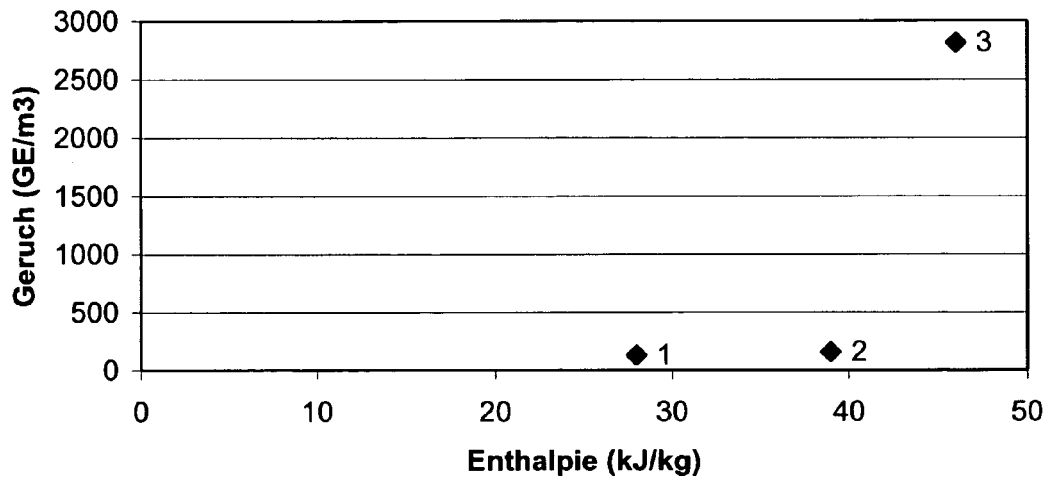


Fig. 2

Geruch bei 25-28 °C

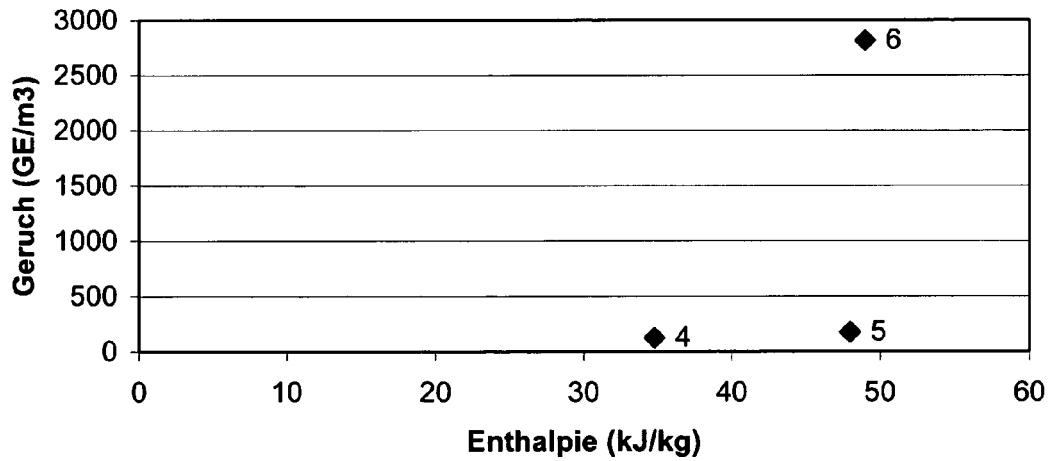


Fig. 3

Geruch bei 35-38 °C

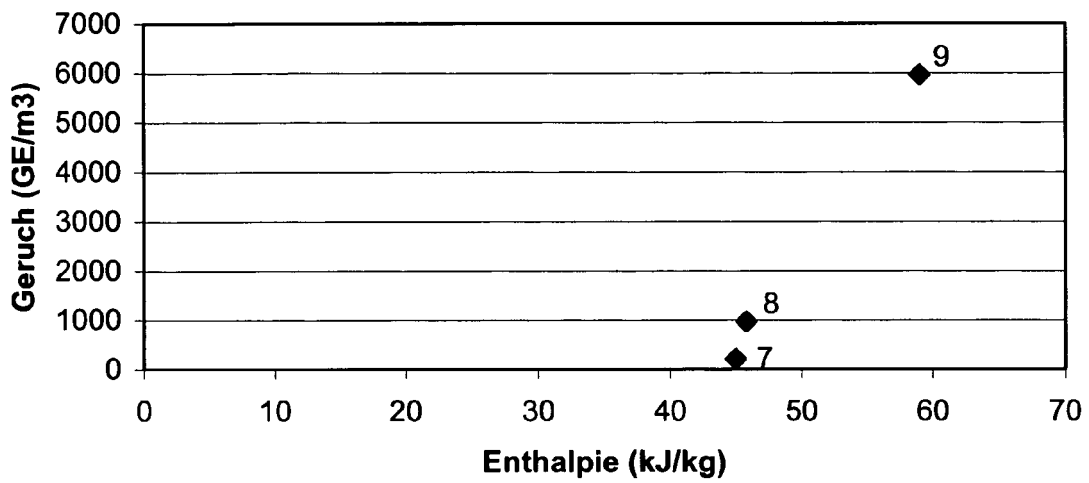


Fig. 4

Geruch bei 45-51 °C

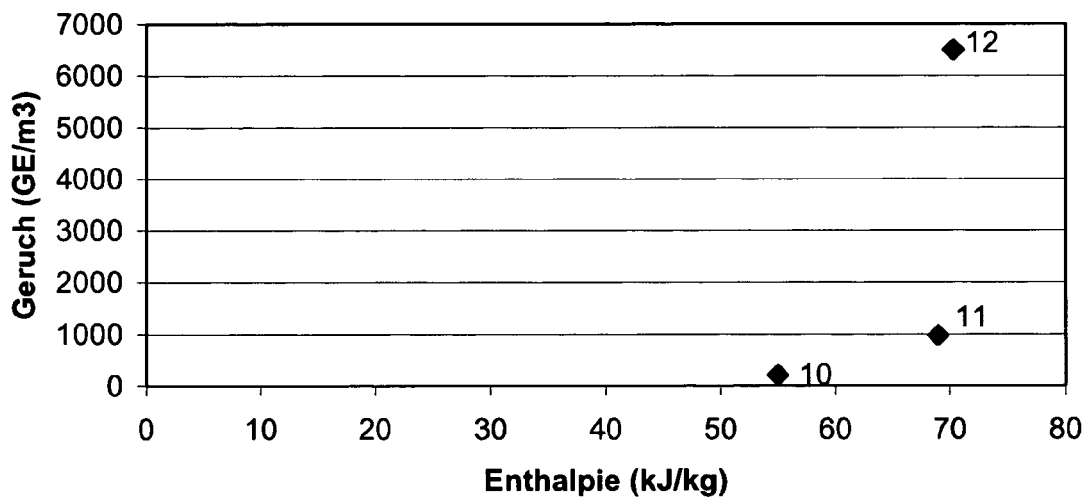


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 08 00 9528

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 196 54 093 A1 (KLEIN ALB GMBH CO KG [DE] ALB KLEIN UMWELTECHNIK GMBH [DE]) 25. Juni 1998 (1998-06-25)	1,3,4,8,9	INV. F26B21/08 F26B25/00
Y	* Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 7 * * Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 48 * * Spalte 2, Zeile 6 - Zeile 10 * * Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 42 * * Abbildung 1 *	2,5-7,10	
Y	----- EP 0 690 742 A (GRANSTRAND LENNART [SE]) 10. Januar 1996 (1996-01-10) * Abbildung 1A * * Ansprüche 1,8 * * Spalte 5, Zeile 52 - Zeile 57 * * Spalte 6, Zeile 33 - Zeile 53 * * Spalte 18, Zeile 34 - Zeile 58 *	2,7	
Y	----- WO 2004/002905 A (KOLB REGINA [DE]) 8. Januar 2004 (2004-01-08) * Seite 1, Zeile 6 - Zeile 10 * * Seite 3, Zeile 5 - Zeile 13 *	5,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	----- EP 0 552 583 A (BIO CON AMBA [DK] BIO CON A S [DK]) 28. Juli 1993 (1993-07-28) * Spalte 1, Zeile 3 - Zeile 6 * * Abbildung 1 * * Spalte 8, Zeile 32 - Zeile 35 *	10	F26B B01D
A	----- US 6 623 546 B1 (BOURDEL JACQUES [FR]) 23. September 2003 (2003-09-23) * Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 10 * * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 9 *	10	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. Oktober 2008	Prüfer Hauck, Gunther
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 9528

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	<p>TOMALLA M: "Klaerschlammtrocknung am Beispiel der Kalt- und Umlufttrocknung"</p> <p>UMWELTPRAXIS, VIEWEG PUBLISHING, WIESBADEN, DE, Bd. 12, Nr. 1, 1. Januar 2001 (2001-01-01), Seiten 16-18, XP008023285</p> <p>ISSN: 1616-5829</p> <p>* das ganze Dokument *</p> <p>-----</p>	1,2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		22. Oktober 2008	
		Prüfer	
		Hauck, Gunther	
KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE			
<p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : mündliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p>		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 00 9528

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.

22-10-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19654093 A1	25-06-1998	KEINE	
EP 0690742 A	10-01-1996	AT 160097 T	15-11-1997
		AU 6388694 A	11-10-1994
		DE 69406778 D1	18-12-1997
		DE 69406778 T2	12-03-1998
		SE 500737 C2	22-08-1994
		SE 9300962 A	22-08-1994
		WO 9421356 A1	29-09-1994
WO 2004002905 A	08-01-2004	AU 2003249918 A1	19-01-2004
		DE 10229521 A1	29-01-2004
EP 0552583 A	28-07-1993	DE 69214795 D1	28-11-1996
		DE 69214795 T2	15-05-1997
		DK 206391 A	30-06-1993
		DK 0552583 T3	24-03-1997
US 6623546 B1	23-09-2003	AT 257402 T	15-01-2004
		AU 3059100 A	18-08-2000
		BR 0007799 A	05-02-2002
		CA 2361198 A1	03-08-2000
		DE 60007611 D1	12-02-2004
		DE 60007611 T2	04-11-2004
		DK 1148928 T3	17-05-2004
		EP 1148928 A1	31-10-2001
		ES 2214247 T3	16-09-2004
		WO 0044475 A1	03-08-2000
		FR 2788994 A1	04-08-2000
		HU 0105183 A2	29-04-2002
		JP 2002535127 T	22-10-2002
		UA 64022 C2	15-10-2001

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 102004051975 [0009]