



(10) **DE 10 2018 116 414 A1** 2020.01.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 116 414.9**

(22) Anmeldetag: **06.07.2018**

(43) Offenlegungstag: **09.01.2020**

(51) Int Cl.: **C05G 3/00 (2006.01)**

**C05G 5/00 (2006.01)**

**C05F 3/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Leibniz-Institut für Werkstofforientierte  
Technologien - IWT, 28359 Bremen, DE;  
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE**

(74) Vertreter:

**WEIDNER STERN JESCHKE Patentanwälte  
Partnerschaft mbB, 99096 Erfurt, DE**

(72) Erfinder:

**Fritsching, Udo, 28357 Bremen, DE; Mießner,  
Ulrich, 28865 Lilienthal, DE; John, Saskia  
Ludovica Elise, 28357 Bremen, DE; Hartmann,  
Dietrich, 28865 Lilienthal, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

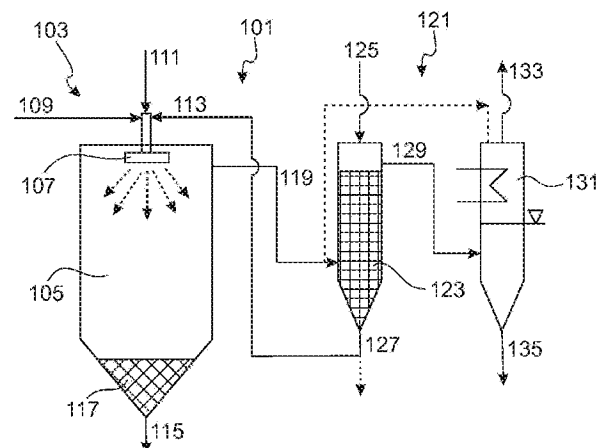
DE	44 44 726	C1
US	6 409 788	B1
US	2015 / 0 329 399	A1
EP	0 426 219	A1
CA	947 528	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat, Verfahren zum Herstellen eines festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulates und vollwertiges Düngergranulat**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat, wobei das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat einen biogenen Reststoff mit organischer Substanz und ein Adsorptionsmittel aufweist, und die organische Substanz des biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel physikalisch verbunden ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulates aus einem flüssigen biogenen Reststoff, wobei der flüssige biogene Reststoff organische Substanz und Nährstoffe aufweist, sowie ein vollwertiges Düngergranulat.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat, wobei das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat einen biogenen Reststoff mit organischer Substanz und ein Adsorptionsmittel aufweist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulates aus einem flüssigen biogenen Reststoff sowie ein vollwertiges Düngergranulat.

**[0002]** In der Landwirtschaft fallen nährstoffhaltige Abfälle und Reststoffe biogenen Ursprungs, wie beispielsweise Gülle, Gärreste und/oder Faulschlamm an, welche häufig nicht am Anfallort verwertet und/oder zurück in den Nährstoffkreislauf gebracht werden können. Beispielsweise fallen in Überschussregionen mit Massentierhaltung derartig große Mengen an Gülle an, dass diese vor Ort aufgrund gesetzlicher Vorschriften und der Gefahr von Auswaschungen und Anreicherung beispielsweise von Nitrat in Grundwasser, nicht auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden können. Andererseits besteht in Bedarfsregionen, zum Beispiel mit überwiegendem Pflanzen- und Ackerbau, ein erhöhter Nährstoffbedarf, welcher direkt vor Ort nicht gedeckt werden kann. Somit muss Gülle in Überschussregionen gelagert, andererseits verwertet oder in Bedarfsregionen transportiert werden. Ein Transport ist jedoch aufgrund des hohen Wassergehaltes sowohl ökologisch als auch ökonomisch nachteilig.

**[0003]** Deshalb wird mit herkömmlichen Abtrennverfahren, wie Sedimentation oder Filtration, eine Entwässerung dieser biogenen Reststoffe angestrebt. Hierbei findet mit der Trennung der Feststoff- von der Flüssigphase immer auch eine Trennung der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff statt, da Phosphor vorwiegend in der organischen Substanz, insbesondere in biologischen Zellen, gebunden ist und somit in der Feststoffphase verbleibt, während der Stickstoff in Form von Harnstoff, Ammoniak, Nitrit und/oder Nitrat in der wässrigen Phase vorliegt. Somit weist die entwässerte Feststoffphase stets nicht mehr die originäre Nährstoffzusammensetzung auf.

**[0004]** Alternativ zur mechanischen Trennung ist eine Trocknung von biogenen Reststoffen auch bei Temperaturen von deutlich unter 100 °C bekannt, bei der aufgrund des physikalischen Gleichgewichtes Ammonium/Ammoniak der Stickstoff fast vollständig als Ammoniak in die Abluft übergeht. Zur Rückgewinnung des Stickstoffes aus der Abluft ist die Kondensation und Schwefelsäurezugabe unter Bildung von Ammoniumsulfat als wässrige Lösung bekannt. Nachteilig hierbei sind der hohe Säureverbrauch sowie die Veränderung des getrockneten Reststoffes bezüglich seiner originären Inhalts- und Nährstoffe. Infolgedessen kommt es bei Wiedereinbringen der

getrockneten, säurebehandelten Reststoffe in den Boden zu Aufsalzungen und Auswaschungen in den Grundwasserleiter und die angrenzenden Gewässer.

**[0005]** Zudem muss für ein Ausbringen des derart behandelten Reststoffes in der Landwirtschaft, dieser nach dem Trocknen in mindestens einem weiteren Behandlungsschritt pelletiert und/oder granuliert werden.

**[0006]** In der WO 96/06060 A1 ist ein Verfahren zum Aufbereiten von Bioschlämmen zu einem festen Dünge- und Bodenverbesserungsmittel beschrieben, wobei ohne thermische Trocknung der vorentwässerte Bioschlamm mit schichtsilikatischen quellfähigen Bindemitteln und Gesteinsmehl vermischt und anschließend dieses Gemisch zur Pelletierung in eine Hochdruck-Agglomerationsvorrichtung durch Presskanäle gepresst wird, wobei Temperaturen von mehr als 100 °C entstehen.

**[0007]** Aus der DE 10 2011 010 329 A1 ist ein wasserspeicherndes Kompositmaterial zur Verwendung als Düngemittel bekannt, welches feste und/oder flüssige Gärreste und ein Hydrogel-Komposit als Superabsorber-Polymer aufweist. Das Kompositmaterial wird durch einen Misch- und/oder Knetprozess mittels Mischer hergestellt, wobei die Gärreste bevorzugt einen Wassergehalt von > 75 Gew.-% aufweisen. Anschließend erfolgt ein Wasserentzug unter Vakuum im Mischer oder mittels einer Umlufttrocknung bei Temperaturen von 35 bis 50 °C. Abschließend muss das Kompositmaterial in einem weiteren Schritt durch ein Kompaktierungsverfahren zu Pellets und/oder Granulat umgeformt werden. Um im Wasser gelöstes Ammoniak sowie flüchtiges Ammoniak während der Herstellung zu binden, können Zeolithe der Hydrogel-Komposite zugesetzt werden. Nachteilig bei diesen Verfahren sind die Vielzahl an Verfahrensschritten sowie die abschließende herkömmliche Kompaktierung zu Pellets und/oder Granulat.

**[0008]** In der DE 39 37 039 A1 ist ebenfalls ein mehrstufiges Verfahren zur Entsorgung von Flüssigmist beschrieben, bei dem der Flüssigmist zunächst mechanisch grob entwässert und konditioniert wird und anschließend mittels einer Filterpresse in eine wässrige Phase und eine Trockensubstanz aufgespalten wird. Die filtrierte wässrige Phase wird anschließend in einem Warmluftstrom, beispielsweise einem Sprühturm, getrocknet und dadurch feinpulvrige Feststoffe gewonnen. Diese werden entweder der Entsorgung zugeführt oder durch weitere nachgeschaltete Veredlungsschritte werden höherwertige Folgeprodukte für Düngezwecke erzeugt. Nachteilig ist auch hier die Notwendigkeit der Vielzahl an Behandlungsstufen sowie die Veränderung der originären Nährstoffzusammensetzung.

**[0009]** Die Bindung von Ammoniak an Zeolith ist ebenfalls aus der EP 1 577 269 A1 bekannt, wobei Zeolith als Prozessstabilisator beim Abbau von Gärsubstrat zur Methangasgewinnung und zum Senken der Ammoniak- und Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas eingesetzt wird, um eine Reduzierung der Methanausbeute aufgrund einer Hemmung der Methangasbakterien durch Ammoniak und Schwefelwasserstoff zu verhindern.

**[0010]** Zudem wird in der EP 2 464 614 B1 ein Verfahren zum Herstellen von mit Mineralstoffen beladenen Kohlepartikeln aus einer Biogasanlage zur Verwendung als Bodenverbesserungsmittel beschrieben.

**[0011]** Aufgabe der Erfindung ist es, den Stand der Technik zu verbessern.

**[0012]** Gelöst wird die Aufgabe durch ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat, wobei das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat einen biogenen Reststoff mit organischer Substanz und ein Adsorptionsmittel aufweist, wobei die organische Substanz des biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel physikalisch verbunden ist.

**[0013]** Durch die physikalische Verbindung der organischen Substanz des biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel behält das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat auch bei einer mechanischen Belastung, beispielsweise beim Ausbringen auf eine landwirtschaftliche Fläche, seine Struktur und Form.

**[0014]** Im Gegensatz zu nach dem Stand der Technik hergestellten Pellets und/oder Granulaten lässt sich folglich das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat nicht durch mechanischen Stress oder durch mechanische Verfahren wieder in seine einzelnen Bestandteile trennen.

**[0015]** Somit weist das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat eine hohe mechanische Beständigkeit beim Verpacken, Lagern und/oder Verwenden auf.

**[0016]** Dadurch kann das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat nicht nur direkt vor Ort verwendet, sondern auch über weite Strecken transportiert werden.

**[0017]** Für eine sehr hohe mechanische Beständigkeit ist es besonders vorteilhaft, wenn die organische Substanz des biogenen Reststoffes direkt an das Adsorptionsmittel physikalisch gebunden ist.

**[0018]** Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung beruht darauf, dass über die organische Substanz des biogenen Reststoffes eine physikalische Verbindung zwischen den Bestandteilen des biogenen Reststoffes

und dem Adsorptionsmittel hergestellt wird, sodass ein kompaktiertes mit biogenem Reststoff umhülltes Adsorptionsmittel vorliegt.

**[0019]** Folgendes Begriffliche sei erläutert:

**[0020]** Ein „Granulat“ ist insbesondere ein körniger bis pulverförmiger, leicht schüttbarer Feststoff. Ein Granulat ist insbesondere eine Ansammlung von Festkörpern. Granulat besteht insbesondere aus vielen kleinen, festen Partikeln, wie Körnern oder Kugeln. Die einzelnen Partikel des Granulats treten insbesondere über Kontaktkräfte und/oder Reibungskräfte in Wechselwirkung.

**[0021]** Ein „Mehrkomponentengranulat“ ist insbesondere ein Granulat, bei dem jedes einzelne Partikel aus mindestens zwei Komponenten oder mehreren Komponenten besteht. Das Mehrkomponentengranulat weist insbesondere biogenen Reststoff mit organischer Substanz, ein Adsorptionsmittel sowie gegebenenfalls weitere Zuschlagsstoffe, wie Füllstoffe und/oder weitere organische Substanz, auf. Das Mehrkomponentengranulat weist in Abhängigkeit auch der Ursprungsart der organischen Substanz und/oder der eingesetzten Partikelgröße des Adsorptionsmittels insbesondere eine Korngröße von 250 µm bis 10 mm, bevorzugt von 2 bis 6 mm auf.

**[0022]** „Fest“ bedeutet insbesondere, dass das Mehrkomponentengranulat in einem festen Aggregatzustand, insbesondere bei einer Temperatur von 20 °C, vorliegt.

**[0023]** „Rieselfähig“ bedeutet insbesondere, dass das Mehrkomponentengranulat in schüttfähiger Form vorliegt und eine freie Beweglichkeit und/oder ein Fließverhalten aufweist. Die Rieselfähigkeit wird beispielsweise messtechnisch mittels eines Messtrichters bestimmt, bei dem die Rieselzeit bei vorgegebener Masse oder Volumen gemessen wird.

**[0024]** Unter „biogen“ wird verstanden, dass ein Reststoff biologischen und/oder organischen Ursprungs ist. Ein biogener Reststoff weist insbesondere Material pflanzlicher und/oder tierischer Herkunft auf.

**[0025]** Bei einem „biogenen Reststoff“ handelt es sich insbesondere um Gülle, Gärreste, Faul-, Bio- und/oder Klärschlamm, Abfallprodukte und/oder Reststoffe aus der Lebensmittel-, Naturstoff- und/oder Holzverarbeitung.

**[0026]** Unter einer „organischen Substanz“ (auch „organischer Stoff“) wird insbesondere ein Stoff verstanden, welcher Kohlenstoff in Kombination mit Wasserstoff aufweist. Eine organische Substanz ist insbesondere natürlichen Ursprungs und entstammt der Photosynthese und/oder Abbauprozesses der bei

der Photosynthese gebildeten Stoffe. Bei einer organischen Substanz kann es sich insbesondere auch um einen Naturstoff, wie einen pflanzlichen oder tierischen Farbstoff, Zucker, Fette, Proteine und/oder Nucleinsäuren handeln. Unter einer organischen Substanz fällt auch Humus, Huminstoff und/oder Huminsäure.

**[0027]** Ein „Adsorptionsmittel“ (auch „Adsorbens“) dient zur Anlagerung und/oder Entfernung eines Stoffes aus einem Gas und/oder einer Flüssigkeit. Der anzulagernde Stoff lagert sich insbesondere aufgrund von Van-der-Waals-Kräften adsorptiv an der Oberfläche des Adsorptionsmittels an. Somit dient das Adsorptionsmittel insbesondere zur Anreicherung von Stoffen aus Gasen oder Flüssigkeit an der Oberfläche des Adsorptionsmittels als Feststoff. Ein Adsorptionsmittel ist insbesondere ein kohlenstoffhaltiges Adsorbens, wie Aktiv- oder Biokohle, oder ein oxydisches Adsorbens, wie Aktivtonerde, Kieselgel oder Zeolith. Ein Adsorptionsmittel kann insbesondere natürlichen oder synthetischen Ursprungs sein. Des Weiteren kann das Adsorptionsmittel modifiziert, indem beispielsweise oxydische Struktur eingebracht wird, und/oder vorbehandelt, beispielsweise gewaschen mit Wasser, sein. Bei einem Adsorptionsmittel handelt es sich insbesondere um natürliche, synthetisch hergestellte und/oder modifizierte Zeolithe.

**[0028]** Unter „physikalisch verbunden“ wird insbesondere verstanden, dass die organische Substanz des biogenen Reststoffes durch Oberflächenkräfte und/oder Van-der-Waals-Kräfte mit, auf und/oder an das Adsorptionsmittel gebunden wird. Die physikalische Bindung findet insbesondere durch Physisorption statt, bei welcher die wirkenden elektrostatischen Kräfte schwächer sind als bei einer chemischen Bindung. Jedoch sind bei der Physisorption auch größere Bindungsenergien möglich, beispielsweise aufgrund von Wechselwirkungen mit festen Dipolen an polaren Oberflächen und/oder elektrisch leitfähigen Oberflächen. Bei der physikalischen Bindung tritt insbesondere nur eine geringe Veränderung der organischen Substanz des biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels auf. Die physikalische Bindung lässt sich insbesondere nicht durch mechanische Verfahren trennen. Durch die physikalische Bindung wird insbesondere das Adsorptionsmittel mit einer Schicht aus biogenem Reststoff umhüllt („gecoatet“).

**[0029]** In einer weiteren Ausführungsform des festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulats ist das Adsorptionsmittel mit einem Nährstoff beladen, sodass das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als mit Nährstoffen vollwertig angereicherter Dünger vorliegt.

**[0030]** Es ist besonders vorteilhaft, dass durch Beladung des Adsorptionsmittels mit mindestens einem Nährstoff eine gewünschte Nährstoffmenge im festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulat eingestellt und mit Nährstoffen soweit angereichert werden kann, dass das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat einen vollwertigen Dünger darstellt.

**[0031]** Unter „Nährstoff“ wird insbesondere ein organischer oder anorganischer Stoff verstanden, welcher von einem Lebewesen zu dessen Lebenserhaltung aufgenommen und im Stoffwechsel verarbeitet wird. Bei einem Nährstoff handelt es sich insbesondere um einen anorganischen oder organischen Stoff, welcher von einer Pflanze zum Wachstum benötigt wird. Ein Nährstoff ist beispielsweise Phosphor und seine Verbindungen, wie beispielsweise Phosphat, und/oder Stickstoff und seine Verbindungen, wie beispielsweise Ammoniak, Ammonium, Nitrat und/oder Nitrit. Ein Nährstoff lag insbesondere bereits in derselben oder ähnlicher Zusammensetzung und/oder Menge im biogenen Reststoff originär vor.

**[0032]** Ein „Dünger“ (oder „Düngemittel“) ist insbesondere ein Reinstoff oder ein Stoffgemisch, welches in der Land- und Forstwirtschaft und/oder im Gartenbau eingesetzt wird, um das Nährstoffangebot für die angebauten Pflanzen und/oder Kulturpflanzen bereitzustellen und/oder zu ergänzen. Ein Dünger ist insbesondere vollwertig mit Nährstoffen angereichert und besteht aus dem festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulat. Bei einem Dünger handelt es sich insbesondere auch um einen Wirtschaftsdünger mit voller Nährstoffzusammensetzung und/oder Bodenverbesserungseigenschaften.

**[0033]** Um eine ausreichende Ammoniakversorgung der Pflanzen zu erreichen, weist das Adsorptionsmittel eine Ammoniak-Beladung von wenigstens 1,5 mg N pro g Adsorptionsmittel und/oder von wenigstens 60 % des zuvor in einer Abluft vorhandenen Stickstoffs auf.

**[0034]** Somit liegt ein höherwertiger, nährstoff- und insbesondere ammoniakhaltiger sowie fester und somit transportwürdiger Dünger vor.

**[0035]** Unter „Ammoniak-Beladung“ wird insbesondere die Masse Ammoniak verstanden, welche im Gleichgewichtszustand auf der spezifischen BET-Oberfläche des Adsorptionsmittels oder auf der Masse des Adsorptionsmittels gebunden wird. Ammoniak wird hierbei insbesondere als Stickstoff (N) angegeben.

**[0036]** Beispielsweise werden bei einem Zeolith eines Korngrößenbereichs von 1 bis 5 mm Beladungen von wenigstens 1,5 bis wenigstens 8 mg N / g Zeolith (Klinoptilolith) erreicht. Hierbei wird die Oberfläche des verwendeten Zeoliths nach Literaturanga-

ben auf ca. 600 m<sup>2</sup>/g geschätzt. Klinoptilolith als Zeolith weist nach verschiedenen Quellen in der Regel eine BET-Oberfläche zwischen 500 m<sup>2</sup>/g - 1000 m<sup>2</sup>/g je nach geologischen Ursprung und Mahlgrad auf. Somit ergibt sich eine Ammoniak-Beladung von 3 bis 16 g N pro m<sup>2</sup> BET-Oberfläche des Klinoptilolith als Adsorptionsmittel. Hierbei wurde die Beladung mittels eines Versuchsaufbaus ermittelt, in dem aus einer Gasstrippingeinheit ein mit N (Ammoniak) beladener Gasstrom über eine definierte Schüttung des Zeoliths geführt wurde und die bekannten Massenkonzentrationen in Vorlage und Abluftstrom („Saure Wäsche“) mittel Küvettentests bilanziert wurden.

**[0037]** Als „BET-Oberfläche“ wird die Oberfläche verstanden, welche nach der BET-Methode bestimmt wird. Hierbei wird insbesondere die massenbezogene spezifische Oberfläche aus experimentellen Daten berechnet.

**[0038]** Bei der „Abluft“ handelt es sich insbesondere um die Abluft aus einem Trocknungsprozess, in welchem ein biogener Reststoff getrocknet wird und hierbei Stickstoff aus dem biogenen Reststoff als Ammoniak in die Abluft übergeht oder übergegangen ist. Die Abluft ist insbesondere die Abluft eines Trocknungsraums oder Vortrocknungsraums. Der in die Abluft übergegangene Ammoniak wird insbesondere vom Adsorptionsmittel aufgenommen und dieses somit beladen.

**[0039]** In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulates aus einem flüssigen biogenen Reststoff, wobei der flüssige biogene Reststoff organische Substanz und Nährstoffe aufweist, mit folgendem Schritt:

- zumindest teilweises gemeinsames Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes und eines Adsorptionsmittels unter Zuführen einer Trocknungsluft in einem Trockenraum bei einer Temperatur in einem Bereich zwischen 60 °C bis 250 °C, bevorzugt zwischen 80 °C und 160 °C, wobei die organische Substanz des trocknenden biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel physikalisch verbunden wird, sodass ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat vorliegt.

**[0040]** Somit kann in einem einzigen Verfahrensschritt ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat hergestellt werden.

**[0041]** Durch die physikalische Bindung der organischen Substanz des biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel wird das Adsorptionsmittel mit dem biogenen Reststoff, beispielsweise Gülle, umhüllt und gecoatet, sodass granuliert und/oder pulverförmige Gülle vorliegt.

**[0042]** Dadurch, dass beim Trocknen der Stickstoff aus dem flüssigen biogenen Reststoff als Ammoniak in die Gasphase übergeht und durch die gleichzeitige Anwesenheit des Adsorptionsmittels im Trockenraum oder einem nachgelagerten Raum direkt an das Adsorptionsmittel adsorbiert, weist das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat gleichzeitig einen hohen Nährstoffgehalt auf. Zudem wird durch eine Trocknungstemperatur von insbesondere kleiner 150 °C, bevorzugt zwischen 60 °C und 100 °C, die Menge an Stickstoff, welche als Ammoniak in die Gasphase und somit in die Trocknungsluft übergeht, reduziert.

**[0043]** Die Trocknungstemperatur hängt jedoch auch von der Art des biogenen Reststoffes ab. Beispielsweise kann bei Klärschlamm ein Trocknen bei einer Temperatur von größer 150 °C vorteilhaft sein.

**[0044]** Unter „flüssig“ ist insbesondere zu verstehen, dass der biogene Reststoff einen flüssigen Aggregatzustand aufweist, insbesondere bei einer Temperatur von 20 °C. Somit können sich die Teilchen des biogenen Reststoffes gegeneinander verschieben. Der flüssige biogene Reststoff weist insbesondere auch Feststoffe und/oder makromolekulare Substanzen, die mit dem Summenparameter CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) erfasst werden können, in der flüssigen Phase auf.

**[0045]** Unter „Trocknen“ wird insbesondere ein Entzug von Flüssigkeit und/oder Wasser aus dem flüssigen biogenen Reststoff und/oder dem Adsorptionsmittel verstanden. Beim Trocknen finden insbesondere eine Verringerung der Feuchtigkeit und eine thermisch-physikalische Umwandlung der Flüssigkeit in den gasförmigen Zustand statt. Das Trocknen findet insbesondere durch Verdunstung und/oder Verdampfung statt. Beim Trocknen wird insbesondere zum Durchmischen und/oder Abführen von Wasserdampf und/oder Ammoniak eine Trocknungsluft dem Trockenraum zugegeben. Bei dem zumindest „teilweise gemeinsamen Trocknen“ findet der Flüssigkeitsentzug aus dem flüssigen biogenen Reststoff und dem Adsorptionsmittel zusammen und zeitgleich im selben Trockenraum statt, wobei der Flüssigkeitsentzug beim gemeinsamen Trocknen nicht vollständig bezüglich jeweils des flüssigen biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels erfolgen muss.

**[0046]** Ein „Trocknungsraum“ ist insbesondere ein Apparat, Behälter und/oder Raum, in dem das Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes und/oder des Adsorptionsmittels stattfindet. Bei einem Trockenraum kann es sich beispielsweise um einen Sprühtrockner, Wirbelschichtsprühgranulations-trockner, Trommeltrockner, Wandtrockner und/oder Schaufeltrockner handeln.

**[0047]** Nach dem gemeinsamen Trocknen weist das hergestellte feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat insbesondere eine Restfeuchte im Bereich von 10 bis 28 %, bevorzugt von 15 bis 20 % auf.

**[0048]** Um das Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes zu beschleunigen und/oder spezifisch an den flüssigen biogenen Reststoff anzupassen, erfolgt vor dem gemeinsamen Trocknen ein Vortrocknen des flüssigen biogenen Reststoffes, sodass ein vorgetrockneter biogener Reststoff vorliegt.

**[0049]** Somit kann der flüssige biogene Reststoff zunächst separat teilweise getrocknet werden, bevor dieser als vorgetrockneter biogener Reststoff mit dem Adsorptionsmittel vermischt und/oder zusammen weitergetrocknet wird.

**[0050]** Folglich kann der Verfahrensschritt des Vortrocknens optimal auf den Wassergehalt und/oder die Zusammensetzung des flüssigen biogenen Reststoffes angepasst und dadurch auch das anschließende gemeinsame Trocknen zusammen mit dem Adsorptionsmittel optimiert werden.

**[0051]** Hierbei weist der vorgetrocknete biogene Reststoff insbesondere eine Restfeuchte in einem Bereich von 30 bis 80 %, bevorzugt 40 % bis 60 % auf.

**[0052]** In einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens wird ein Abführen der Trocknungsluft aus dem Trocknungsraum und/oder ein Binden eines bei dem Trocknen und/oder bei dem Vortrocknen in die Trocknungsluft übergegangenen Nährstoffes, insbesondere Ammoniak, aus der Trocknungsluft an das Adsorptionsmittel durchgeführt, sodass ein beladenes Adsorptionsmittel vorliegt.

**[0053]** Dadurch werden Nährstoffe, welche durch das Trocknen aus dem biogenen Reststoff in die Trocknungsluft und somit Abluft entweichen, an das Adsorptionsmittel gebunden, fixiert und somit in das hergestellte feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat zurück überführt.

**[0054]** Um eine hohe Nährstoffmenge in dem gefertigten Produkt zu erreichen, erfolgt ein Rückführen des beladenen Adsorptionsmittels und ein Mischen mit dem flüssigen biogenen Reststoff in dem Trocknungsraum, sodass das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als mit Nährstoffen vollwertig angereicherter Dünger vorliegt.

**[0055]** Somit kann mit nur zwei Verfahrensschritten ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat hergestellt werden, welches vollwertig mit Nährstoffen angereichert und somit als Wirtschaftsdünger einsetzbar ist. Hierbei wird insbesondere Phosphor als Nährstoff durch den Verbleib in und/oder an der

organischen Substanz des biogenen Reststoffes in seiner ursprünglichen Menge in das hergestellte feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat überführt, während derjenige Stickstoffanteil aus dem originären biogenen Reststoff, welcher beim Trocknen und/oder Vortrocknen in die Gasphase übergeht, durch die Adsorption am Adsorptionsmittel als Ammoniak wieder gebunden und somit ebenfalls in das hergestellte feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat überführt wird. Somit weist das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat im Wesentlichen die ursprünglichen Nährstoffe in ihrer Zusammensetzung und Menge auf.

**[0056]** Hierbei ist es insbesondere vorteilhaft, dass ein hoher Stickstoff- und/oder Ammoniakgehalt ohne externe Zugabe von Säure und somit säurefrei refixiert werden kann. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Adsorptionsverfahren wird das beladene Adsorptionsmittel nicht regeneriert, sondern im beladenen Zustand physikalisch über die organische Substanz mit dem biogenen Reststoff verbunden. Hierbei wird das beladene Adsorptionsmittel insbesondere als Trocknungskeim von dem biogenen Reststoff mittels der organischen Substanz umhüllt.

**[0057]** Zudem fördert das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als vollwertig angereicherter Dünger aufgrund der organischen Substanz auch die Humusbildung sowie insbesondere aufgrund des Adsorptionsmittels die Wasserspeicherkapazität als weitere positive Beeinflussung einer Bodeneigenschaft. Insbesondere wenn das Adsorptionsmittel natürlichen Ursprungs ist, weist dieses an sich bereits grundsätzlich bodenverbessernde Eigenschaften auf. Vor allem wird durch die Fixierung der originären Stickstofffracht des biogenen Reststoffes am Adsorptionsmittel das Pflanzenwachstum gefördert.

**[0058]** Somit wird ein vollwertiges und stickstoffhaltiges Produkt hergestellt, welches alle originären Nährstoffgehalte, insbesondere Stickstoff, sowie bodenverbessernde Eigenschaften (wie Struktur für Humusbildung, hygroskopisches Material für Wasserbindung und ähnliches) aufweist, in konfektionierter, granulierter Form anfällt und sowohl als transportwürdiger Dünger eingesetzt werden kann als auch als Rohstoff für weitere Verwendungszwecke zur Verfügung steht. Es ist besonders vorteilhaft, dass das produzierte feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als Wirtschaftsdünger mit den üblichen Ausbringtonstechnologien direkt auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden kann.

**[0059]** In einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens werden der vorgetrocknete biogene Reststoff und das beladene Adsorptionsmittel in einem Nachtrocknungsraum gemischt und/oder gemeinsam getrocknet.

**[0060]** Somit kann der flüssige biogene Reststoff zunächst alleine vorgetrocknet werden und der beim Vortrocknen des flüssigen biogenen Reststoffs in die Trocknungsluft übergegangene Ammoniak wird in einer nachgeschalteten Abluftbehandlung, beispielsweise in einer Adsorptionskolonne gefüllt mit dem Adsorptionsmittel, fixiert. Anschließend wird ohne Rückführung in den Vortrocknungsraum das beladene Adsorptionsmittel direkt zusammen mit dem vorgetrockneten biogenen Reststoff gemischt und gegebenenfalls weiter gemeinsam getrocknet.

**[0061]** Bei ausreichend hoher Temperatur beim Vortrocknen des flüssigen biogenen Reststoffes kann hierbei der vorgetrocknete biogene Reststoff noch eine ausreichend hohe Wärmeenergie aufweisen, sodass in einem unbeheizten Nachtrocknungsraum, beispielsweise ein Mischer, eine ausreichende Temperatur zur Ausbildung der physikalischen Bindung zwischen dem organischen Material des Reststoffes und des Adsorptionsmittels vorliegt. Alternativ kann der Nachtrocknungsraum auch beheizt und/oder dem Nachtrocknungsraum kann erneut Trocknungsluft zugeführt werden.

**[0062]** Ein „Nachtrocknungsraum“ entspricht in seiner Funktion dem oben definierten Trocknungsraum, wobei der Nachtrocknungsraum alternativ oder zusätzlich auch die Funktion des Mischens aufweist. Ein Nachtrocknungsraum ist insbesondere ein Konfektionierer. Bei einem Nachtrocknungsraum kann es sich beispielsweise um eine beheizbare Schnecken-, Granulations-, Misch- oder Dosiereinrichtung handeln. Zur Unterstützung kann in den Nachtrocknungsraum trockene und/oder warme Luft mit einer Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur zugegeben werden. Aufgrund einer Wärmebildung durch Reibung zwischen den Partikeln beim Granulieren und/oder Mischen kann der Nachtrocknungsraum jedoch auch ohne Wärme- und/oder Luftzufuhr betrieben werden.

**[0063]** Um ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat und/oder ein mit Nährstoffen vollwertig angereicherten Dünger herzustellen, wird das gemeinsame Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes und/oder des vorgetrockneten biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels und/oder des beladenen Adsorptionsmittels bei einer Temperatur in einem Bereich von 60 °C bis 150 °C, bevorzugt von 80 °C bis 100°C durchgeführt.

**[0064]** Durch die niedrige Trocknungstemperatur geht der ursprünglich im biogenen Reststoff gebundene Stickstoff nicht vollständig als Ammoniak in die Gasphase beim Trocknen über, sondern bleibt in seiner ursprünglichen Bindungsform, beispielsweise als organisch gebundener Stickstoff, im biogenen getrockneten Reststoff vorhanden. Somit bleibt die ursprüngliche Zusammensetzung der Stickstofffracht mit ihren verschiedenen Komponenten (orga-

nisch gebunden, Ammonium, Ammoniak, Nitrat, Nitrit) weitgehend erhalten. Folglich wird die nachgeschaltete Adsorptionsstufe als Abluftbehandlung entlastet.

**[0065]** In einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens wird oder werden das Adsorptionsmittel und/oder das beladene Adsorptionsmittel in den Trocknungsraum oder in den Nachtrocknungsraum kontinuierlich oder diskontinuierlich zugeführt.

**[0066]** Ebenso kann der flüssige biogene Reststoff und/oder der vorgetrocknete biogene Reststoff kontinuierlich oder diskontinuierlich in den Trocknungsraum oder den Nachtrocknungsraum zugeführt werden.

**[0067]** Um eine spezifisch große Oberfläche und ein Dispergieren des flüssigen biogenen Reststoffs zu erreichen, wird der flüssige biogene Reststoff mittels einer Zerstäubungsvorrichtung in dem Trocknungsraum versprüht und/oder eine Wirbelschichtsprühgranulation des flüssigen biogenen Reststoffes durchgeführt.

**[0068]** Somit wird der flüssige biogene Reststoff innerhalb des Trocknungsraums feinst zerteilt und gut mit dem Adsorptionsmittel oder dem rückgeführten beladenen Adsorptionsmittel durchmischt, um eine optimale Bindung des flüssigen biogenen Reststoffes an das Adsorptionsmittel und dessen Umhüllung zu erreichen.

**[0069]** Zudem wird durch das Versprühen und die Wirbelschichtgranulation ein Coating und/oder Umhüllen des mit Ammoniak beladenen Adsorptionsmittels erzielt, welches ein frühzeitiges Freisetzen des an dem Adsorptionsmittel gebundenen Ammoniaks an die Trocknungsluft verhindert. Dadurch wird im hergestellten Düngeprodukt später eine gleichmäßige Abgabe der Stickstofffracht von dem beladenen Adsorptionsmittel an den zu düngenden Boden erreicht.

**[0070]** Des Weiteren wird durch die Wirbelschichtsprühgranulation eine optimale Konfektionierung in ein schüttfähiges, transportwürdiges, weitgehend wasserfreies Produkt erzielt, welches als Dünger eingesetzt oder alternativ als Trockenprodukt der thermischen Verwertung zugeführt werden kann, da dieses aufgrund seiner gleichförmigen, hohen spezifischen Oberfläche und guten Dosierbarkeit optimal in einen Verbrennungsofen eingeblasen werden kann.

**[0071]** Allgemein sind beim Granulieren insbesondere die Parameter Temperatur, Druck und/oder Restfeuchte für die Ausbildung eines rieselfähigen Produktes von Bedeutung. Hierbei ist nicht nur die Temperatur im Trockenraum entscheidend, sondern

auch die direkt an den granulierenden Partikeln vorliegende Temperatur, beispielsweise aufgrund der Reibung zwischen den Partikeln.

**[0072]** Eine „Zerstäubungsvorrichtung“ dient insbesondere der Zerteilung von Flüssigkeiten, Suspensionen und/oder Dispersionen in feine Tropfen. Durch eine Zerstäubungsvorrichtung wird insbesondere die spezifische freie Oberfläche vergrößert und Stoff- und/oder Wärmeaustauschvorgänge begünstigt. Bei einer Zerstäubungsvorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Einstoff- oder Zweistoffdruckdüse, einen pneumatischen Zerstäuber und/oder einen Rotationszerstäuber handeln.

**[0073]** In einer „Wirbelschichtsprühgranulation“ wird in einer Wirbelschicht aus biogenem Reststoff, Adsorptionsmittel und/oder beladenem Adsorptionsmittel gleichzeitig ein Zerstäuben, Trocknen und Granulieren durchgeführt. Die Wirbelschichtsprühgranulation dient insbesondere dazu, den versprühten, dispergierten biogenen Reststoff, das unbeladene und/oder beladene Adsorptionsmittel und die Trockenluft in einen engen Kontakt bei intensiver Vermischung zu bringen. Hierbei werden die Feststoffpartikel in einen fluidisierten Zustand versetzt.

**[0074]** Somit entfallen durch eine Wirbelschichtsprühgranulation nachgelagerte Verfahrensschritte, wie Pelletieren und/oder Granulieren, da am Ausgang des Wirbelschichtsprühgranulationstrockners bereits ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat vorliegt, welches direkt als vollwertiger Dünger eingesetzt werden kann.

**[0075]** In einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens weist oder weisen das Adsorptionsmittel und/oder das beladene Adsorptionsmittel Aluminiumsilikat, Zeolith, Aktivkohle, Biokohle und/oder Nanopartikel auf.

**[0076]** Somit kann die Art des ausgewählten Adsorptionsmittels an die Zusammensetzung des flüssigen biogenen Reststoffes, die später gewünschten bodenverbessernden Eigenschaften und die Menge des zu adsorbierenden Nährstoffes, insbesondere Ammoniak, angepasst werden.

**[0077]** Ein „Aluminiumsilikat“ (auch „Alumosilikat“ oder „Aluminosilikat“ genannt) ist insbesondere ein Mineral und/oder eine chemische Verbindung aus der Gruppe der Silikate. Ein Aluminiumsilikat ist insbesondere Bestandteil der Erdkruste.

**[0078]** Bei einem „Zeolith“ handelt es sich um ein kristallines Alumosilikat. Ein Zeolith kann insbesondere natürlich vorkommen und/oder synthetisch hergestellt werden. Unter einem Zeolith wird auch ein modifiziertes und/oder vorbehandeltes Zeolith verstanden. Ein Zeolith weist insbesondere Aluminium-

und Siliziumoxid auf. Ein Zeolith besteht insbesondere aus einem mikroporösen Grundgerüst aus  $\text{AlO}_4^-$ - und  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder, wobei die Aluminium- und Siliziumatome untereinander durch Sauerstoffatome verbunden sind.

**[0079]** „Aktivkohle“ ist insbesondere poröser, feinkörniger Kohlenstoff mit einer großen inneren Oberfläche. Aktivkohle liegt insbesondere granuliert oder gepresst vor.

**[0080]** „Biokohle“ (auch „Pflanzenkohle“) ist insbesondere eine Kohle, welche durch pyrolytische Verkohlung rein pflanzlicher Ausgangsstoffe hergestellt wurde. Biokohle ist beispielsweise aus Holz oder Kokosnussschalen hergestellt.

**[0081]** Unter „Nanopartikeln“ werden insbesondere Verbände von einigen wenigen bis einigen Tausend Atomen oder Molekülen verstanden, welche üblicherweise eine Größe von 1 bis 100 Nanometer aufweisen. Nanopartikel können insbesondere auch natürlich entstehen und/oder synthetisch hergestellt werden. Bei Nanopartikeln handelt es sich beispielsweise um kohlenstoffhaltige Nanopartikel, Halbmetalloxide und/oder kohlenstoffhaltige Nanopartikel in einer bestimmten Form, wie beispielsweise einer Nanoröhre als länglicher Hohlkörper.

**[0082]** Um Stickstoff rückzuführen und im Wesentlichen die originäre Stickstoffkonzentration zu erreichen, wird Ammoniak in der Trocknungsluft in einem Anteil von 50 % bis 99 %, bevorzugt von 60 % bis 85 % aus der Trocknungsluft an das Adsorptionsmittel gebunden und/oder in das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat überführt.

**[0083]** In einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens wird beim gemeinsamen Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes oder des vorgetrockneten biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels und/oder des beladenen Adsorptionsmittels zusätzlich eine weitere organische Substanz zugegeben.

**[0084]** Dadurch können die bodenverbessernden Eigenschaften durch Zugabe der organischen Substanz gezielt weiter verbessert und/oder verändert werden.

**[0085]** Die „weitere organische Substanz“ weist insbesondere bodenverbessernde Eigenschaften auf. Bei der weiteren organischen Substanz handelt es sich beispielsweise um einen Huminstoff oder eine Huminsäure.

**[0086]** In einem zusätzlichen Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe gelöst durch ein vollwertiges Düngergranulat, wobei das Düngergranulat nach einem zuvor beschriebenen Verfahren hergestellt ist.



**[0087]** Somit wird ein trockenes, nährstoffvollwertiges, rieselfähiges Düngergranulat bereitgestellt, welches lediglich einen Verfahrensschritt als kombinierte Trocknung und Adsorption oder zwei Verfahrensschritte der Trocknung und nachgeschalteten Abluftbehandlung in einer Adsorptionsstufe benötigt.

**[0088]** Somit wird ein ökonomisches und ökologisch vorteilhaftes vollwertiges Düngergranulat bereitgestellt.

**[0089]** Im Weiteren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine stark schematische Schnittdarstellung einer Düngerherstellungsanlage mit einem Wirbelschichtsprühtrockner und einer nachgeschalteten Adsorptionskolonne zur Abluftaufbereitung und Rückführung des beladenen Zeoliths, und

**Fig. 2** eine stark schematische Schnittdarstellung einer Düngerherstellungsanlage mit einem Wirbelschichtsprühtrockner, einer Adsorptionskolonne zur Abluftaufbereitung und einem beheizten Trommelmischer.

**[0090]** Eine Düngerherstellungsanlage **101** ist zweistufig aus einer Sprühtrocknung **103** und einer Abluftaufbereitung **121** ausgestaltet. In der Sprühtrocknung **103** wird ein Wirbelschichtsprühtrockner **105** verwendet, welchem über eine Zulaufleitung **109** Gülle, über eine Zulaufleitung **111** Trockenluft und über eine Rückführleitung **113** beladenes Zeolith zugeführt werden. Der Wirbelschichtsprühtrockner **105** weist oben im Trocknungsraum einen Rotationszerstäuber **107** und unten eine Abzugsleitung **115** für ein hergestelltes Düngergranulat auf. Die Temperatur im Wirbelschichtsprühtrockner **105** beträgt 95 °C.

**[0091]** Die Abluftaufbereitung **121** weist eine Adsorptionskolonne **123** sowie einen Kondensator **131** auf. Im oberen Bereich wird der Adsorptionskolonne **121** über eine Zulaufleitung **125** unbeladenes Zeolith als Adsorptionsmittel zugeführt.

**[0092]** Im unteren Bereich der Adsorptionskolonne **123** ist eine Abzugsleitung **127** für beladenes Zeolith angeordnet, welche mit der Rückführleitung **113** für beladenes Zeolith in den Wirbelschichtsprühtrockner **105** verbunden ist. Die Abluftleitung **119** aus dem Wirbelschichtsprühtrockner **105** ist in die Adsorptionskolonne **123** geführt.

**[0093]** Des Weiteren weist die Adsorptionskolonne **123** eine Abluftleitung **129** auf, welche in einen Kondensator **131** geführt ist. Der Kondensator **131** weist eine Abluftleitung **133** auf, durch welche gereinigte Abluft in die Umgebung abgegeben oder optional in die Adsorptionskolonne **123** rückgeführt wird. Des

Weiteren weist der Kondensator **131** eine Abzugsleitung **135** für kondensiertes Wasser auf.

**[0094]** Zur Herstellung des Düngergranulates **117** werden über die Zulaufleitung **109** Gülle, die Zulaufleitung **111** Trockenluft und die Rückführleitung **113** beladenes Zeolith kontinuierlich dem Wirbelschichtsprühtrockner **105** zugeführt, wobei mittels des Rotationszerstäubers **107** eine feine Dispergierung und intensive Durchmischung erfolgt. Dadurch tritt die Gülle mit dem beladenen Zeolith in Kontakt und die organischen Substanzen der Gülle werden physikalisch an das beladene Zeolith gebunden. Hierbei wird das beladene Zeolith von der Gülle umhüllt und beschichtet. Zudem wird das in der Adsorptionskolonne **123** mit Ammoniak beladene Zeolith aufgrund der Rückführung mittels der Rückführleitung **113** sehr schnell von der Gülle umhüllt, sodass das adsorbierte Ammoniak trotz des Trocknens in dem Wirbelschichtsprühtrockner **105** nur zu einem geringen Anteil von 40 % in die Trockenluft übergeht.

**[0095]** Das gebildete Düngergranulat aus Gülle mittels der organischen Substanz verbunden mit dem geladenen Zeolith wird im unteren Bereich des Wirbelschichtsprühtrockners **105** mittels der Abzugsleitung **115** abgezogen und liegt direkt als granuliertes und verkaufsfähiges Produkt vor.

**[0096]** Während der Sprühtrocknung **103** im Wirbelschichtsprühtrockner **105** tritt kontinuierlich mit Ammoniak und Wasserdampf beladene Abluft über die Abluftleitung **119** aus dem Wirbelschichtsprühtrockner **105** in die Adsorptionskolonne **123** ein. Die Adsorptionskolonne weist eine Temperatur von 40 °C auf. In der Adsorptionskolonne **123** wird das kontinuierlich zugeführte unbeladene Zeolith zunehmend mit Ammoniak beladen, wobei eine mittlere Beladung von 3,3 mg N (Ammoniak) pro g Zeolith erreicht wird. Das mit Ammoniak beladene Zeolith wird vollständig kontinuierlich über die Rückführleitung **113** dem Wirbelschichtsprühtrockner **105** zugeführt. Dadurch wird der in die Trocknungsluft übergegangene Ammoniak in seiner ursprünglichen Konzentration vollständig in das Düngergranulat **117** überführt.

**[0097]** Die Abluft aus der Adsorptionskolonne **123** wird mittels der Abluftleitung **129** in den Kondensator **131** überführt, in welchem der Wasserdampf in der Abluft kondensiert und mittels der Abzugsleitung **135** das Wasser abgeführt wird. Am Kopf des Kondensators **131** verlässt über die Abluftleitung **133** gereinigte Abluft den Kondensator **131**.

**[0098]** In einer Alternative weist eine Düngerherstellungsanlage **201** eine Trocknung **203** mit einem Wirbelschichtsprühtrockner **205** und eine Nach Trocknung **241** mit einem beheizten Trommelmischer **243** sowie eine Abluftaufbereitung **221** mit einer Adsorptionskolonne **223** und einem Kondensator **231** auf.

**[0099]** Der Wirbelschichtsprühtrockner **205** weist eine Zulaufleitung **209** für Gülle, eine Zulaufleitung **211** für Trockenluft und im Inneren oben einen Rotationszerstäuber **209** auf. Im unteren Bereich des Wirbelschichtsprühtrockners **205** ist eine Abzugsleitung **215** für teilgetrocknete Gülle angeordnet. Die Abluft aus dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** wird über die Abluftleitung **219** der Adsorptionskolonne **223** zugeführt.

**[0100]** Die Adsorptionskolonne **223** und der Kondensator **231** sind wie zuvor beschrieben ausgeführt. Jedoch wird das beladene Zeolith nicht in dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** zurückgeführt, sondern die Abzugsleitung **227** für beladenes Zeolith wird in den beheizten Trommelmischer **243** geführt. Ebenso wird die Abzugsleitung **215** für teilgetrocknete Gülle **217** aus dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** in den beheizten Trommelmischer **243** geführt. Der beheizte Trommelmischer **243** als Nachrocknung **241** weist eine Abzugsleitung **245** für das Düngergranulat auf.

**[0101]** Zur Herstellung des Düngergranulats **245** wird dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** Gülle mittels der Zulaufleitung **209** und Trockenluft mittels der Zuleitung **211** kontinuierlich zugeführt und mittels des Rotationszerstäubers **207** dispergiert und vermischt. Hierbei wird die dispergierte Gülle bei einer Temperatur von 130 °C vorgetrocknet und als teilgetrocknete Gülle **217** über die Abzugsleitung **215** dem beheizten Trommelmischer **243** zugeführt.

**[0102]** Des Weiteren wird die Abluft aus dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** kontinuierlich über die Abluftleitung **219** abgeführt und der Adsorptionskolonne **223** zugeführt. Aufgrund der Vortrocknung in dem Wirbelschichtsprühtrockner **205** ist Stickstoff partiell als Ammoniak aus der Gülle in die Abluft übergegangen und mit der Abluft der Adsorptionskolonne **223** zugeführt worden. Der Ammoniak bindet in der Adsorptionskolonne **223** bei einer Temperatur von 30 °C mit dem kontinuierlich über die Zulaufleitung **225** zugeführten unbeladenen Zeolith, wobei das beladene Zeolith über die Abzugsleitung **227** für die Nachrocknung **241** dem beheizten Trommelmischer **243** zugeführt wird.

**[0103]** Der beheizte Trommelmischer **243** weist eine Temperatur von 80 °C auf und vermischt das mit Ammoniak beladene Zeolith und die teilgetrocknete Gülle **217**, sodass die organischen Substanzen der teilgetrockneten Gülle physikalisch an das beladene Zeolith binden und dadurch das Düngergranulat gefertigt wird, welches über die Abzugsleitung **245** als vollwertiges verkaufsfertiges Produkt abgezogen wird. Die weitere Funktion der Adsorptionskolonne **223** und des Kondensators **231** entspricht der zuvor beschriebenen Adsorptionskolonne **123** und des Kondensator **131**.

#### Bezugszeichenliste

<b>101</b>	Düngerherstellungsanlage
<b>103</b>	Sprühtrocknung
<b>105</b>	Wirbelschichtsprühtrockner
<b>107</b>	Rotationszerstäuber
<b>109</b>	Zulaufleitung Gülle
<b>111</b>	Zulaufleitung Trockenluft
<b>113</b>	Rückführleitung beladenes Zeolith
<b>115</b>	Abzugsleitung Düngergranulat
<b>117</b>	Düngergranulat
<b>119</b>	Abluftleitung aus Wirbelschichtsprühtrockner
<b>121</b>	Abluftaufbereitung
<b>123</b>	Adsorptionskolonne
<b>125</b>	Zulaufleitung unbeladenes Zeolith
<b>127</b>	Abzugsleitung beladenes Zeolith
<b>129</b>	Abluftleitung aus Adsorptionskolonne
<b>131</b>	Kondensator
<b>133</b>	Abluftleitung aus Kondensator
<b>135</b>	Abzugsleitung Wasser
<b>201</b>	Düngerherstellungsanlage
<b>203</b>	Trocknung
<b>205</b>	Wirbelschichtsprühtrockner
<b>207</b>	Rotationszerstäuber
<b>209</b>	Zulaufleitung Gülle
<b>211</b>	Zulaufleitung Trockenluft
<b>215</b>	Abzugsleitung teilgetrocknete Gülle
<b>217</b>	teilgetrocknete Gülle
<b>219</b>	Abluftleitung aus Wirbelschichtsprühtrockner
<b>221</b>	Abluftaufbereitung
<b>223</b>	Adsorptionskolonne
<b>225</b>	Zulaufleitung unbeladenes Zeolith
<b>227</b>	Abzugsleitung beladenes Zeolith
<b>229</b>	Abluftleitung aus Adsorptionskolonne
<b>231</b>	Kondensator
<b>233</b>	Abluftleitung aus Kondensator
<b>235</b>	Abzugsleitung Wasser
<b>241</b>	Nachrocknung
<b>243</b>	beheizter Trommelmischer
<b>245</b>	Abzugsleitung Düngergranulat

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 9606060 A1 [0006]
- DE 102011010329 A1 [0007]
- DE 3937039 A1 [0008]
- EP 1577269 A1 [0009]
- EP 2464614 B1 [0010]

### Patentansprüche

1. Festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat (115, 245), wobei das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat einen biogenen Reststoff mit organischer Substanz und ein Adsorptionsmittel aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die organische Substanz des biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel physikalisch verbunden ist.

2. Festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Adsorptionsmittel mit einem Nährstoff beladen ist, sodass das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als mit Nährstoffen vollwertig angereicherter Dünger vorliegt.

3. Festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Adsorptionsmittel eine Ammoniak-Beladung von wenigstens 1,5 mg N / g Adsorptionsmittel und/oder von wenigstens 60 % des zuvor in einer Abluft vorhandenen Stickstoffs aufweist.

4. Verfahren zum Herstellen eines festen rieselfähigen Mehrkomponentengranulates aus einem flüssigen biogenen Reststoff, wobei der flüssige biogene Reststoff organische Substanz und Nährstoffe aufweist, mit folgendem Schritt

- zumindest teilweises gemeinsames Trocknen (103, 241) des flüssigen biogenen Reststoffes und eines Adsorptionsmittels unter Zuführen einer Trocknungsluft in einem Trocknungsraum (105, 243) bei einer Temperatur in einem Bereich zwischen 60 °C bis 250 °C, bevorzugt zwischen 80 °C und 160 °C, wobei die organische Substanz des trocknenden biogenen Reststoffes mit dem Adsorptionsmittel physikalisch verbunden wird, sodass ein festes rieselfähiges Mehrkomponentengranulat (115, 245) vorliegt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Vortrocknen (203) des flüssigen biogenen Reststoffes vor dem gemeinsamen Trocknen erfolgt, sodass ein vorgetrockneter biogener Reststoff (217) vorliegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **gekennzeichnet durch** ein Abführen der Trocknungsluft aus dem Trocknungsraum und/oder ein Binden eines bei dem Trocknen und/oder bei dem Vortrocknen in die Trocknungsluft übergegangenen Nährstoffes, insbesondere Ammoniak, aus der Trocknungsluft an das Adsorptionsmittel, so dass ein beladenes Adsorptionsmittel vorliegt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** ein Rückführen des beladenen Adsorptionsmittels und Mischen mit dem flüssigen biogenen Reststoff in dem Trocknungsraum (105), sodass das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat als mit

Nährstoffen vollwertig angereicherter Dünger (115) vorliegt.

8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgetrocknete biogene Reststoff und das beladene Adsorptionsmittel in einem Nachtrocknungsraum (243) gemischt und/oder gemeinsam getrocknet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gemeinsame Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes oder des vorgetrockneten biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels und/oder des beladenen Adsorptionsmittels bei einer Temperatur in einem Bereich von 60°C bis 150°C, bevorzugt von 80°C bis 100°C erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Adsorptionsmittel und/oder das beladene Adsorptionsmittel in den Trocknungsraum (105) oder in den Nachtrocknungsraum (243) kontinuierlich oder diskontinuierlich zugeführt wird oder werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der flüssige biogene Reststoff mittels einer Zerstäubungsvorrichtung (107, 207) in dem Trocknungsraum versprüht und/oder eine Wirbelschichtsprühgranulation (105, 205) des flüssigen biogenen Reststoffes durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Adsorptionsmittel und/oder das beladene Adsorptionsmittel Aluminiumsilikat, Zeolith, Aktivkohle, Biokohle und/oder Nanopartikel aufweist oder aufweisen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass Ammoniak in der Trocknungsluft in einem Anteil von 50 % bis 99 %, bevorzugt von 60 % bis 85 % aus der Trocknungsluft an das Adsorptionsmittel gebunden und/oder in das feste rieselfähige Mehrkomponentengranulat überführt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim gemeinsamen Trocknen des flüssigen biogenen Reststoffes oder des vorgetrockneten biogenen Reststoffes und des Adsorptionsmittels und/oder des beladenen Adsorptionsmittels zusätzlich eine weitere organische Substanz zugegeben wird.

15. Vollwertiges Düngergranulat (115, 245), wobei das Düngergranulat nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14 hergestellt ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

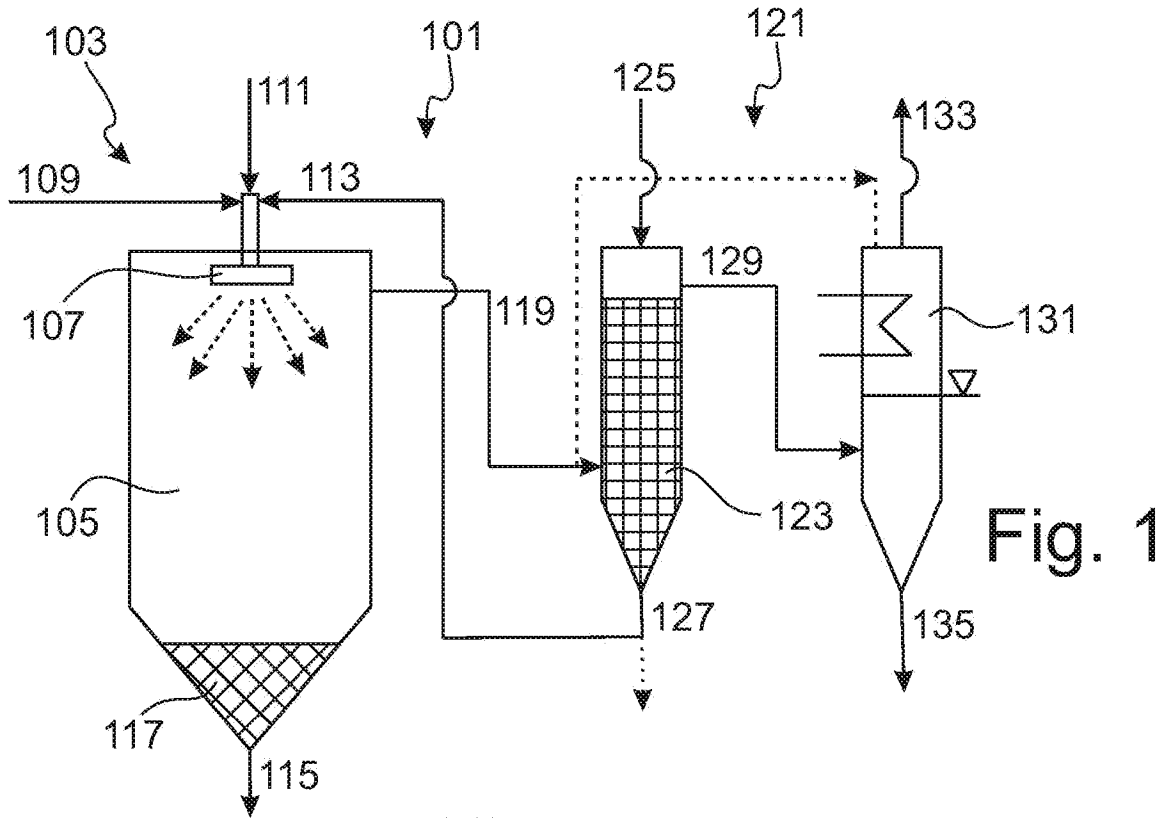


Fig. 1

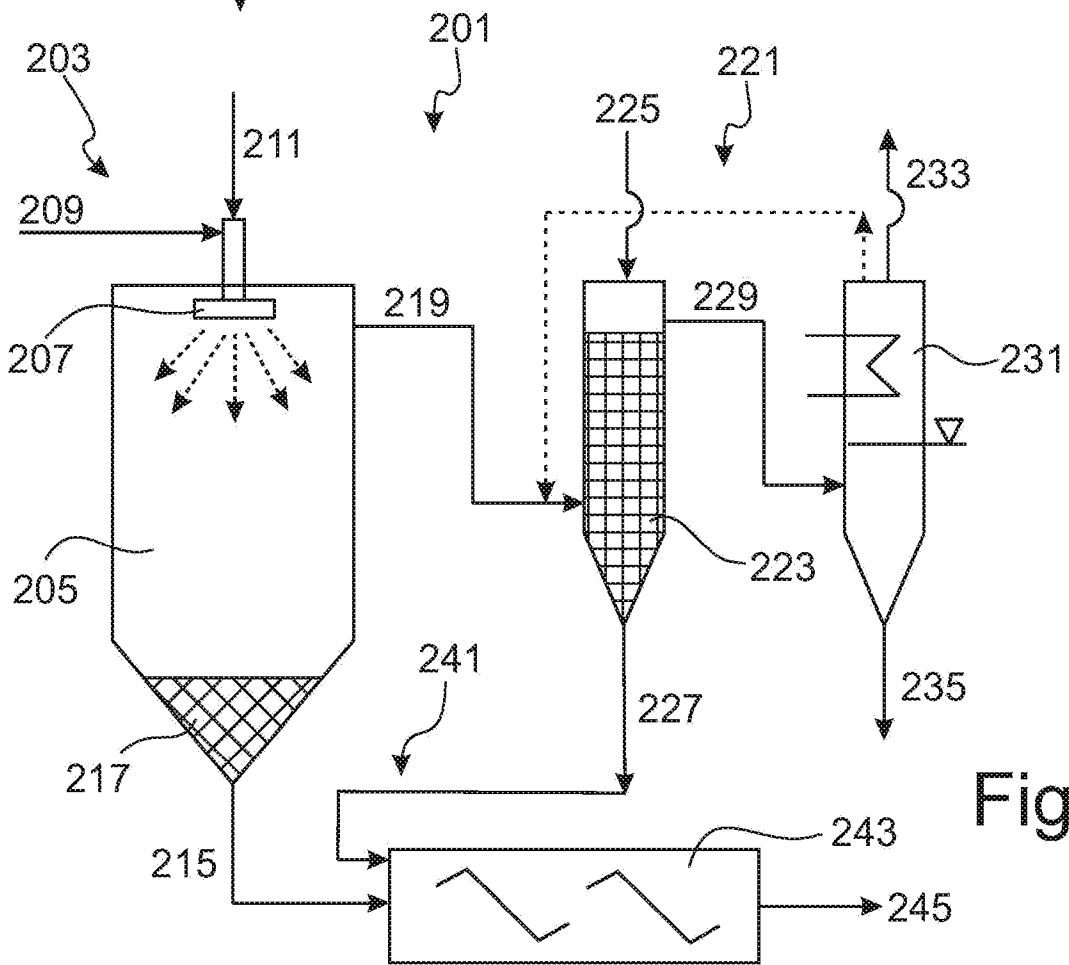


Fig. 2