

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 051**

51 Int. Cl.:

C05D 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2017** **E 17001351 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024** **EP 3293165**

54 Título: **Procedimiento para la producción de granulado de fertilizante; granulado de fertilizante**

30 Prioridad:

06.09.2016 DE 102016116633

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.11.2024

73 Titular/es:

GLATT INGENIEURTECHNIK GMBH (50.0%)
Nordstrasse 12
99427 Weimar, DE y
SERAPLANT GMBH (50.0%)

72 Inventor/es:

LEIDOLPH, LARS;
JACOB, MICHAEL y
BÖBER, REINHARD

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 986 051 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la producción de granulado de fertilizante; granulado de fertilizante

5 Estado de la técnica

La invención se basa en un procedimiento para la producción de granulado de fertilizante según la reivindicación 1 así como un granulado de fertilizante según la reivindicación 12.

10 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de granulado de fertilizante así como a un granulado de fertilizante, en donde en el procedimiento se genera una suspensión de materias primas secundarias que contienen fosfato y ácidos minerales y esta suspensión se alimenta a continuación a una granulación, en donde se forman los granulados de fertilizante y en donde el contenido de P_2O_5 contenido en el granulado de fertilizante superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro.

15 Los minerales de fósforo son importantes fuentes de materias primas para la producción de una amplia variedad de productos de fósforo que se utilizan en la industria y la agricultura. Los fertilizantes y los piensos representan la mayor parte del consumo mundial de fósforo. Por tanto, representan un activo económico muy importante. Sin embargo, las existencias mundiales probadas están disminuyendo bruscamente. Como fertilizante, el fosfato no puede sustituirse por otras sustancias, lo que resulta problemático porque la agricultura intensiva no es posible sin la fertilización con fosfato. Por esta razón, es necesario utilizar las grandes cantidades de fosfato que se producen cada año como componente de diversos residuos.

20 Hay toda una serie de residuos, tal como por ejemplo como los lodos de depuradora municipales, que contienen fosfato. A este respecto, sin embargo, una concentración de P_2O_5 demasiado baja contrarresta a menudo un uso directo como materia prima de fosfatos. Sin embargo, en el caso de las cenizas de una planta de monocombustión o cuando los lodos de depuradora se someten a combustión con otros residuos biogénicos, el fosfato se concentra. En función de los lodos de depuradora utilizados, pueden conseguirse concentraciones de fosfatos de aproximadamente el 20 % o superiores, por ejemplo. Estas concentraciones más elevadas son interesantes desde el punto de vista económico. Sin embargo, no es posible un uso directo de tales cenizas como fertilizante, por ejemplo, ya que los fosfatos importantes se convierten en una forma insoluble en agua, es decir, no disponible para las plantas, durante el proceso de combustión.

25 En el estado de la técnica se conocen distintos planteamientos para utilizar o recuperar el fósforo de las cenizas de las monocombustiones de lodos de depuradora. Así, por ejemplo, el procesamiento directo de las cenizas en la industria de fertilizantes, la separación por lavado de los fosfatos con agua caliente y posterior precipitación o cristalización o la elución de los fosfatos de las cenizas con ácido sulfúrico utilizando intercambiadores de iones. Además se conoce el denominado proceso Kepro, que con ácido y calor obtiene fosfato, el procedimiento Seaborne, el proceso Phostrip y el procedimiento Ashdec.

30 Además se conocen diversos procedimientos en los que el fosfato en gran parte insoluble de las materias primas secundarias que contienen fosfato (tal como por ejemplo de cenizas de lodos de depuradora) se descompone utilizando ácidos minerales, en los que las materias primas secundarias sólidas que contienen fosfato y los ácidos minerales se mezclan en gran parte directamente y se producen fertilizantes a partir de esto. Así, por ejemplo, por el documento de divulgación DE 10 2010 034 042 A1 se conoce un procedimiento para la producción de fertilizantes con fosfato, en el que inicialmente se genera una mezcla homogénea a partir de cenizas procedentes de la monocombustión de lodos de depuradora municipales, dado el caso con adiciones de potasio y/o un portador de nitrógeno. Una vez que se dispone esta mezcla homogénea, se añade ácido ortofosfórico al proceso de mezclado en curso en concentraciones variables. A este respecto, las reacciones de conversión deseadas y la granulación se desarrollan en gran parte de manera simultánea. El mezclado, la reacción y la granulación tienen lugar en un aparato de mezclado. Para ello se proponen mezcladoras de reja de arado con un juego de cuchillas, una mezcladora continua de funcionamiento continuo o una mezcladora de paletas de dos ejes. Si es necesario, puede realizarse a continuación aún otro secado de los granulados. Una desventaja conocida de esta conducción de proceso con este tipo de procedimiento es que la combinación de las materias primas secundarias que contienen fosfato y el ácido mineral puede conducir a reacciones exotérmicas, a veces espontáneas y violentas, dependiendo del tipo de materias primas. Uno de los motivos es, por ejemplo, la presencia de cal libre en la materia prima secundaria que contiene fosfato, tal como es típica de las cenizas de lodos de depuradora, por ejemplo. La cal libre puede, por ejemplo, estar contenida en las cenizas de lodos de depuradora en cantidades bastante relevantes, por ejemplo en el intervalo del 10 - 20 %. En consecuencia, en el caso de procedimientos de granulación o extrusión, en los que las materias primas secundarias sólidas que contienen fosfato y los ácidos minerales se mezclan en gran parte directamente, resultan reacciones que se desarrollan de manera espontánea y violenta que son difíciles de manejar y controlar, dependiendo del tipo de materias primas utilizadas. Las reacciones poco manejables y apenas controlables dificultan la conducción del proceso y con ello la producción con una calidad constante del producto, cuando no la imposibilitan por completo. Otra desventaja conocida con este tipo de procedimientos es que a partir del mezclado en gran parte directo de las materias primas secundarias que contienen fosfato y el ácido mineral diluido o sin diluir resulta con frecuencia una mezcla especialmente pegajosa. Esto es especialmente típico cuando se utiliza ácido fosfórico, tal como se conoce por

ejemplo por el documento de divulgación DE 10 2010 034 042 A1. Esta mezcla pegajosa es difícil de manipular, sólo puede moldearse en granulados redondos hasta cierto punto y conduce con frecuencia a interrupciones en el proceso debido a obstrucciones en pasos estrechos o a una adhesión excesiva a la superficie de los componentes de la instalación. Los ácidos minerales son además corrosivos. Si el ácido mineral entra en contacto con los componentes de la instalación, se realiza una reacción de corrosión con éstos, en particular con los componentes de la instalación de acero, que son los típicos de los aparatos de este tipo. Este es el caso, por ejemplo, de los procedimientos de granulación o extrusión en los que las materias primas secundarias sólidas que contienen fosfato y los ácidos minerales se mezclan en gran parte directamente. En este caso si bien pueden realizarse medidas para retener la corrosión, tal como por ejemplo un revestimiento resistente a la corrosión de los componentes o componentes de aparatos afectados, sin embargo un modo de procedimiento de este tipo aumenta aún más los costes de inversión y, por tanto, es caro, además un modo de procedimiento de este tipo con frecuencia es posible sólo hasta cierto punto y, en última instancia, no puede evitar por completo la corrosión.

En el documento de divulgación DE 10 2009 020 745 A1 se divulga un procedimiento para obtener sustancias valiosas, en particular fosfato, a partir de productos de lodos de depuradora, a saber, lodos de depuradora, cenizas de lodos de depuradora o escorias de lodos de depuradora, mediante extracción, en donde se produce una suspensión del producto de lodos de depuradora en agua, alcohol, una mezcla de agua y alcohol o una solución acuosa y se introduce dióxido de carbono gaseoso o supercrítico en esta suspensión del producto de lodos de depuradora como agente de extracción, los sólidos no disueltos se separan del agente de suspensión líquido, el dióxido de carbono se elimina del agente de suspensión y las sustancias valiosas disueltas en el agente de suspensión se precipitan y se separan del agente de suspensión. La desventaja de este procedimiento es el gran esfuerzo necesario para llevarlo a cabo, lo que lo hace muy costoso.

Por la solicitud de patente internacional con número de publicación WO 00/50343 A2, se conoce un procedimiento en el que las cenizas de combustión se digieren con ácido sulfúrico. A este respecto se produce ácido fosfórico. Para purificar el ácido fosfórico se utiliza una combinación de filtros intercambiadores de iones, en donde se usa un intercambiador de cationes fuertemente ácido, en particular para eliminar los iones hierro y los iones de metales pesados. Es desventajoso en caso de un procedimiento de este tipo entre otras cosas el elevado consumo de productos químicos para regenerar los intercambiadores de iones.

El documento de patente CH 697 083 A5 divulga un procedimiento y una instalación para recuperar fósforo de cenizas de combustión que contienen fósforo. Para ello, los fosfatos contenidos en las cenizas de combustión se disuelven mediante digestión ácida. La solución de digestión así obtenida se separa por filtración del sólido restante en un dispositivo de filtración. La torta de filtración de estos sólidos se elimina o se procesa posteriormente. La solución se purifica y en particular se eliminan el hierro y los metales pesados. Del producto refinado así purificado se precipitan fosfatos de calcio.

El documento de divulgación DE 102 06 347 A1 divulga un procedimiento para recuperar compuestos de fósforo a partir de residuos de combustión. Para ello, se añaden ácidos minerales diluidos a las cenizas de combustión para disolver los compuestos de fosfato que se encuentran en las cenizas de combustión, a continuación se realiza la separación de la solución que contiene fosfato de los componentes insolubles acompañantes y de partes constituyentes que no contienen fosfato depositadas mediante precipitación, seguida del procesamiento de la solución de fosfato que se produce.

Se conoce un procedimiento por el documento de patente EP 2 602 013 B1, en el que los compuestos que contienen fósforo contenidos en las cenizas de lodos de depuradora se disuelven mediante digestión ácida con un ácido mineral diluido. A continuación, la suspensión de ácido-cenizas de lodos de depuradora se separa mediante una filtración en una torta de filtración con bajo contenido en fósforo y un filtrado rico en fósforo. A continuación, se separan los cationes de metales pesados que se habían disuelto en las cenizas de lodos de depuradora, ya que, de lo contrario, se incorporarían al producto de fósforo precipitado en la etapa final del procedimiento. Esto se realiza mediante la adición de un metal de sacrificio. La mezcla de metales pesados depositada de ese modo metálicamente se separa a continuación por filtración. A continuación, se añade una sal de aluminio al filtrado. Mediante la adición de una base, el valor del pH se eleva de 2,1 a 3,0 y los compuestos de fósforo que se encuentran disueltos se precipitan esencialmente por completo en forma de fosfatos de aluminio básicos y se separan por medio de filtración. Debido a este bajo valor de pH de precipitación de 3,0 como máximo, los cationes de metales pesados con un valor de pH de precipitación más elevado, como cobalto, cromo, hierro, manganeso, níquel y cinc, etc., permanecen en solución y pueden separarse del producto. El producto de fósforo precipitado, es decir, el fosfato de aluminio, puede alimentarse ahora o bien a la producción de fertilizantes o a la producción de fósforo térmico.

El documento US 2004/0120867 A1 muestra un procedimiento para mejorar el contenido en nutrientes de material de desecho orgánico, tal como por ejemplo lodos de depuradora, mediante el procesamiento para dar granulados de fertilizante. En una primera etapa de procedimiento, se genera una suspensión a partir del material de desecho orgánico con agua. En la segunda etapas de procedimiento, la suspensión generada se mezcla a continuación con una base y un ácido en un recipiente de reacción para generar una masa fundida. En una tercera etapas de procedimiento, la masa fundida se pulveriza sobre un apilamiento de lecho fijo que está constituido por partículas finas en un granulador para vaporizar el agua en la masa fundida. En la cuarta etapa de procedimiento, la masa fundida

reducida en el agua vaporizada se hace rodar en el granulador con las partículas finas para generar granulados. En otra quinta etapa de procedimiento, los granulados se tratan con amoníaco para finalizar la reacción de formación del producto. Finalmente, los granulados tratados con amoníaco se secan en un secador para obtener granulados de fertilizante con un contenido de nutrientes mejorado.

5 La solicitud de patente europea EP 3 037 396 A1 divulga un procedimiento para la producción de un fertilizante que contiene fosfato a partir de cenizas de lodos de depuradora o cenizas de fermentación de desechos. El procedimiento de acuerdo con la objeción (2) presenta 6 etapas de procedimiento, en donde en una primera etapa de procedimiento se genera una suspensión a partir de una primera cantidad de ceniza y un ácido mineral en un primer recipiente. En
10 la segunda etapa de procedimiento, una primera cantidad parcial de sólido húmedo se separa de la suspensión en un segundo recipiente y el ácido mineral restante en el primer recipiente se mezcla con más ceniza. Los sólidos húmedos separados, generados se recogen en el segundo recipiente y se purifican en otras dos etapas de procedimiento mediante adición de una solución acuosa de pH neutro, básica o tamponada, en particular de iones de metales pesados contenidos en ella. En la quinta etapa de procedimiento, los sólidos purificados, húmedos se separan del
15 segundo recipiente. Las etapas de procedimiento 2 a 5 se repiten. A continuación, existe la posibilidad de secar el sólido húmedo del segundo recipiente en una etapa de tratamiento posterior.

El documento US 2006/091645 A2 describe un procedimiento para la producción de fertilizantes a partir de lodos orgánicos procedentes de plantas municipales de tratamiento de aguas residuales para la fermentación farmacéutica.
20 En una primera etapa de procedimiento, el lodo orgánico se agita con suficiente fuerza por medio de un equipo de agitación para que se forme una pasta tixotrópica, a la que se añade un ácido en una segunda etapa de procedimiento. En una tercera etapa de procedimiento, la pasta tixotrópica ácida se mezcla con una masa fundida de fertilizante inorgánico de alta temperatura, que comprende sales de amonio, a una temperatura superior a 85 °C. Finalmente, en una cuarta etapa de procedimiento, se añade un endurecedor a la pasta ácida, además de un agente de control del
25 pH, y se elimina el agua de la pasta para obtener el fertilizante.

Los problemas de los cuatro procedimientos mencionados anteriormente son, por un lado, la eliminación en cada caso muy compleja de los metales pesados y, por otro, el hecho de que la torta de filtración separada queda como material residual o de desecho.

30 Por la solicitud de patente europea EP 1 873 132 A1 se conoce un procedimiento para la producción de abonos combinados que contienen fosfato y potasa (PK), en el que los restos de cenizas obtenidos de la calcinación de gallinaza se reciclan así como los componentes fosfatados contenidos en éstos se tratan con ácido orgánico y un catalizador, un compuesto de metal alcalinotérreo para la conducción de la reacción, con el fin de hacerlos disponibles.
35 Se describe que los compuestos alcalinotérreos son necesarios porque el calor de reacción de la reacción de los compuestos alcalinotérreos y el ácido mineral se requiere en última instancia para convertir eficazmente las fases de fosfato. Tras la reacción de ceniza, compuesto alcalinotérreo y ácido mineral en la proporción especificada, se obtiene un polvo que puede granularse en una etapa de procedimiento posterior. Para ello se propone una granulación en húmedo con un disco granulador así como un secado posterior necesario. Por consiguiente, este procedimiento requiere el uso de un catalizador. Para obtener un granulado que pueda utilizarse en la agricultura, es necesaria la
40 generación de un polvo así como su procesamiento posterior, granulación y secado nuevo. Todas las etapas de procedimiento son muy complejas, por lo que la aplicación de todo el procedimiento propuesto requiere mucho tiempo.

45 El documento de divulgación DE 10 2014 005 929 A1 describe un procedimiento para la producción de fertilizante que contiene fósforo a partir de cenizas procedentes de la monocombustión de lodos de depuradoras municipales y/o de cenizas procedentes de la combustión conjunta de lodos de depuradoras municipales y material óseo animal con ácido ortofosfórico diluido con la adición simultánea del coadyuvante, hidrogenofosfato de calcio, que actúa como catalizador. La reacción de los compuestos terciarios de calcio y los compuestos de silicato de calcio, hierro y aluminio contenidos en la mezcla de cenizas para dar dihidrógeno difosfato de calcio se realiza con una concentración especial
50 de ácido ortofosfórico. Con el hidrogenofosfato de calcio actuando como catalizador, los compuestos de silicato de calcio, hierro y aluminio se transforman en los correspondientes compuestos secundarios y/o primarios de dihidrogenofosfato de silicato de calcio, hierro y aluminio. Al endurecerse con agua, crecen fibras de silicato cálcico hidratado y/o de ferrita de aluminato cálcico. El producto obtenido de este modo está listo para la granulación y se alimenta a la placa de granulación/peletización a través de un recipiente intermedio y se enrolla para dar granulados.
55 La granulación puede ser tanto un proceso que se desarrolla de manera continua como de manera discontinua. A continuación, este granulado recorre un proceso de secado para garantizar el secado posterior dependiente del procedimiento anterior.

60 La solicitud de patente europea EP 1 918 266 A2 divulga un procedimiento, en donde se produce un granulado de fertilizante combinando primero los residuos de ceniza de los excrementos de pollo con un componente de potasio y/o un polvo de escoria y mezclándolo después con un ácido mineral, con lo que se producen reacciones específicas entre los componentes individuales, que convierten los fosfatos poco solubles en componentes disponibles del fertilizante y aumenta la proporción de potasio y/o silicio en el fertilizante. La reacción entre el componente de potasio y/o la escoria con el ácido conduce a una considerable generación de calor debido a una reacción de neutralización y conduce a la transformación de fase deseada del fosfato de los residuos de ceniza de los excrementos de pollo. La desventaja de esta solución es que sin la adición del componente de potasio y/o del polvo de escoria, la temperatura no sería
65

suficiente para hacer el fosfato más soluble.

La solicitud de patente europea EP 0 937 694 A1 muestra un procedimiento para reducir el alto valor de pH resultante de la proporción de CaO en las cenizas de excrementos de pollo mediante la adición y reacción con una sal de monoamonio o una sal metálica de monopotasio. La desventaja de esto es que en este procedimiento primero hay que neutralizar el valor del pH añadiendo sal de monoamonio o una sal metálica de monopotasio para que pueda desarrollarse el procedimiento.

Los procedimientos descritos muestran las posibilidades básicas y conocidas del procesamiento de cenizas que contienen fosfato para dar un abono fosfatado, que, sin embargo, no producen los resultados deseados en la práctica y/o son difíciles de aplicar técnicamente teniendo en cuenta las condiciones marco económicas.

Por tanto, la invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento económico, ecológico, flexible y sencillo para producir granulado de fertilizante a partir de materias primas secundarias que contienen fósforo. Por medio de este procedimiento deben producirse abonos fosfatados y/o abonos de múltiples nutrientes en forma de granulado (granulados de fertilizante), que pueden utilizarse en agricultura y silvicultura así como en horticultura para ajustar el suministro de nutrientes a los cultivos. Con el procedimiento prácticamente no se producen residuos.

El objetivo se soluciona mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, generándose en primer lugar una suspensión al menos de al menos una materia prima secundaria que contiene fósforo y al menos un ácido mineral, en donde la ceniza que presenta la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato es ceniza procedente de la combustión de lodos de depuradora y/o excrementos de animales y/o harinas animales y/o estiércol líquido y/o residuos de fermentación, en la suspensión, durante una reacción entre la al menos una ceniza que presenta una materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral, los fosfatos poco solubles de la materia prima secundaria que contiene fosfato se disuelven al menos parcialmente y/o se convierten al menos parcialmente en una fase de fosfato soluble en agua y/o en citrato de amonio neutro, y a continuación la suspensión se alimenta a una granulación, en donde la granulación que tiene lugar en un aparato de fluidización es una aglomeración por pulverización y/o una granulación por pulverización y de manera que se forma el granulado de fertilizante y el contenido de P_2O_5 contenido en el granulado de fertilizante superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro. Además, el objetivo se soluciona también mediante un granulado de fertilizante según la reivindicación 12, que se produce mediante el procedimiento.

La invención y sus ventajas

El procedimiento de acuerdo con la invención con los rasgos característicos de la reivindicación 1, tiene con respecto a esto la ventaja de que en el procedimiento para la producción de granulado de fertilizante se genera primero una suspensión al menos de al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato y al menos un ácido mineral, a continuación en la suspensión los fosfatos poco solubles de la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato se disuelven al menos parcialmente y/o se convierten al menos parcialmente en una fase de fosfato soluble en agua y/o en citrato de amonio neutro y finalmente esta suspensión se alimenta a una granulación, en donde el granulado de fertilizante se forma de modo que el contenido de P_2O_5 contenido en el granulado de fertilizante superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro. Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención es posible procesar una amplia variedad de materias primas secundarias que contienen fosfato de manera eficiente y rentable y por consiguiente hacerlas utilizables como fertilizantes. Para proporcionar un procedimiento especialmente rentable, el procedimiento de acuerdo con la invención no incluye ninguna etapa de separación de contaminantes, en particular de metales pesados. El cumplimiento de los límites legales de contaminantes en el fertilizante se garantiza más bien mediante la selección selectiva de materias primas secundarias que contengan fosfato, dado el caso en combinación con otros componentes. En el procedimiento de acuerdo con la invención, no se producen residuos del proceso, los componentes utilizados se convierten técnicamente por completo en granulados de fertilizante.

En el texto, las indicaciones de porcentaje (%) se refieren a porcentaje en peso (% en peso, es decir % p/p), salvo que se indique lo contrario.

Como materias primas secundarias se designan los residuos que se producen durante el procesamiento, preparación o producción de algo (excedente) y se utilizan para un nuevo proceso de producción. Los residuos químicos también se denominan materiales de desecho. Las materias primas secundarias que contienen fosfato presentan una proporción de fosfatos superior al 5 % (con respecto a P_2O_5). Las materias primas secundarias que contienen fosfato son las cenizas procedentes de la mono- o co-combustión de lodos de depuradora, excrementos de animales, harina de animales, restos de animales y carcasas de animales, cenizas procedentes de la combustión de estiércol líquido y residuos de fermentación como sustancias individuales o mezclas de las mismas. Los fertilizantes son sustancias y mezclas de sustancias que se utilizan en la agricultura y silvicultura así como en la horticultura para complementar el suministro de nutrientes a las plantas cultivadas, en particular las plantas de cultivo, con diversas propiedades, dado el caso combinados y/o funcionalizados con otros materiales.

Los granulados de fertilizante son fertilizantes en forma de granulado, de acuerdo con la reivindicación 12.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se genera una suspensión a partir de al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato, al menos un ácido mineral diluido o no diluido y dado el caso agua y dado el caso al menos otro componente, tal como por ejemplo otros componentes nutrientes y/o fuentes alternativas de fosfato. La suspensión así generada se alimenta a continuación a una granulación, en donde se forman los granulados de fertilizante. La producción de la suspensión y, por tanto, la reacción de conversión del fosfato entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral están separadas de acuerdo con la invención del proceso de granulación, es decir, hay dos etapas de proceso separadas para el proceso en fase líquida y la granulación. La suspensión, que se genera al menos de una materia prima secundaria que contiene fosfato y al menos un ácido mineral, puede enriquecerse o complementarse con otros componentes, como materias primas secundarias, álcalis, sales, inhibidores de ureasa, estabilizadores de amonio, nutrientes o similares, en cualquier momento, es decir, al menos hasta que comienza el proceso de granulación, por ejemplo, en el caso de una aglomeración por pulverización también todavía en el cono de pulverización de la boquilla. Una dosificación de los componentes adicionales se realiza según las posibilidades conocidas por el experto por el estado de la técnica para la adición de componentes. Debido al tipo de composición de la suspensión, se realiza en la suspensión la conversión del compuesto de fosfato poco soluble. Los granulados de fertilizante presentan fosfato en una forma fácilmente soluble, fácilmente disponible para las plantas, de modo que más del 75 % del contenido de P_2O_5 total, preferentemente más del 85 %, de manera especialmente preferente más del 90 % es soluble en agua y en citrato de amonio neutro. La proporción de fósforo soluble en citrato de amonio neutro (proporción de P) se determina en este sentido según el anexo 2, tabla 4, n.º 4.2.2 DüMV y puede utilizarse como indicación de la disponibilidad a medio plazo de fósforo fertilizante (P fertilizante), es decir, durante el período aproximado de una rotación de cultivos. La proporción de P inmediatamente disponible de un fertilizante se describe por su solubilidad en agua (determinada según el anexo 2, tabla 4, n.º 4.2.1 DüMV). Cuanto mayor sea la proporción de P soluble en agua, más rápida o fácil será la disponibilidad del P fertilizante para la planta.

Para producir la suspensión, por ejemplo, pueden disponerse el ácido mineral en un recipiente de reacción (por ejemplo, un tanque de plástico con agitador), dado el caso puede añadirse agua si es necesario y, a continuación, añadirse las materias primas secundarias que contienen fosfato y dado el caso los componentes nutrientes. La(s) materia(s) prima(s) secundaria(s) que contiene(n) fosfato también puede(n) dispersarse primero en agua y, a continuación, puede añadirse el ácido mineral diluido o no diluido. Igualmente son posibles otras secuencias de producción de suspensión.

La generación de acuerdo con la invención de una suspensión de materias primas tiene varias ventajas técnicas de procedimiento. La reacción que a veces se produce de forma espontánea y violenta cuando las materias primas secundarias que contienen fosfato y el ácido mineral se juntan directamente puede manejarse, controlarse y regularse mediante el procedimiento de acuerdo con la invención. Las suspensiones de acuerdo con la invención presentan una proporción de agua significativamente mayor que en comparación con los procedimientos en los que las materias primas secundarias que contienen fosfato y el ácido mineral diluido o no diluido se mezclan directamente en un estado casi húmedo y dado el caso se granulan. En principio, esta mayor proporción de agua actúa como amortiguador. La reacción entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral, en particular para convertir o disolver los fosfatos poco solubles, se realiza de acuerdo con la invención en la suspensión. Como resultado, el ácido mineral se agota en gran medida y la suspensión producida para su uso posterior para la granulación posterior de acuerdo con la invención presenta después de la reacción de acuerdo con la invención una proporción de ácido libre inferior al 7 %, preferentemente inferior al 3 %.

La corrosión durante la producción de suspensión puede prevenirse eficazmente seleccionando el equipo adecuado. Esto es tecnológicamente fácil de realizar. Por ejemplo, el recipiente, el agitador, etc. pueden ser de plástico, cerámica o estar revestidos con cerámica o esmalte. Debido a la muy baja proporción de acuerdo con la invención de ácido libre en la suspensión final después de la reacción química, se puede prevenir eficazmente la corrosión de los componentes de la planta por el ácido mineral durante la granulación.

El recipiente (reactor líquido) en el que se produce y/o almacena temporalmente la suspensión puede templarse dado el caso (por ejemplo, enfriarse o calentarse) para controlar la reacción. Tal recipiente, como se ha mencionado anteriormente, puede ser un reactor de recipiente agitador, por ejemplo.

Mediante la generación de acuerdo con la invención de una suspensión, los componentes de materia prima se homogeneizan claramente mejor. El resultado es un producto especialmente homogéneo. Las mezclas ligeramente húmedas, en particular si se producen incrustaciones y endurecimientos locales debidos a reacciones espontáneas y violentas, dan lugar a inhomogeneidades.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, no se realiza ninguna separación obligatoria de contaminantes, tal como por ejemplo metales pesados. Sin embargo, la separación de los contaminantes es posible en el procedimiento de acuerdo con la invención. Esta separación puede realizarse mediante medidas conocidas por el experto. En consecuencia, los componentes de la suspensión se seleccionan y combinan de tal manera que, en última instancia, se produce un granulado de fertilizante que cumple los requisitos de la Ordenanza Alemana de Fertilizantes (DüMV), en particular también en lo que respecta a la carga de contaminantes. Si bien esto limita en cierta medida la gama de variaciones o la cantidad de componentes que pueden utilizarse para el procedimiento de acuerdo con la invención, sin embargo conduce en consecuencia a un procedimiento de producción rentable, ya que la separación de

contaminantes en particular es compleja y costosa.

De acuerdo con la realización del procedimiento de acuerdo con la invención, la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato es una ceniza procedente de la combustión de lodos de depuradora y/o excrementos de animales y/o harina de animales y/o estiércol líquido y/o residuos de fermentación. La ceniza puede proceder en este sentido de la monocombustión o de la combustión conjunta de lodos de depuradora o similares.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, el al menos un ácido mineral es ácido fosfórico, ácido nítrico, ácido sulfúrico o una mezcla de al menos dos de los ácidos minerales. Los ácidos minerales pueden mezclarse en cualquier combinación, en donde las concentraciones de los componentes individuales de la mezcla igualmente son variables. Además pueden añadirse otros componentes (sustancias añadidas, aditivos o similares).

En una forma de realización preferida, el ácido mineral utilizado es un ácido fosfórico diluido o no diluido. En comparación con el uso de otros ácidos minerales, mediante el uso de ácido fosfórico aumenta aún más el contenido de fósforo en la mezcla. Con esto aumenta el contenido de fosfato en el fertilizante, lo que conduce a una mayor calidad del producto, en particular en la producción de abonos fosfatados.

En una forma de realización especialmente preferida, el ácido fosfórico se utiliza como ácido mineral y la composición de la suspensión se selecciona de modo que con la granulación posterior resultan granulados con una proporción soluble en citrato de amonio neutro superior al 35 %, de manera muy especialmente preferente superior al 46 % (corresponde al denominado superfosfato triple) y una proporción de fosfato soluble en agua superior al 25 % o de manera muy especialmente preferente superior al 34 %. El granulado de fertilizante generado presenta una proporción de P_2O_5 soluble en citrato de amonio neutro superior al 35 % y una proporción de P_2O_5 soluble en agua superior al 25 %. En este sentido, de la proporción de P_2O_5 total, una proporción de P_2O_5 superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro. Además, sin embargo, también puede haber una proporción de P_2O_5 insoluble, por ejemplo del 10 %.

La suspensión producida puede contener uno o más componentes nutritivos, que pueden añadirse antes, durante y/o después de la producción de la suspensión. Como componentes nutritivos ha de entenderse todas las sustancias que suministran o complementan el suministro de nutrientes para la planta cultivada con el fin de controlar y/o apoyar el crecimiento y desarrollo de las plantas, así por ejemplo componentes que contienen nitrógeno (N) y/o fósforo (P) y/o potasio (K) y/o magnesio (Mg) y/o azufre (S) y/u oligoelementos esenciales. En una forma de realización preferida, se añade al menos una sal de sulfato de amonio a la suspensión, por ejemplo después de un tiempo de reacción suficiente entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, se añade a la suspensión al menos un álcali y/o al menos una sal. Pueden añadirse lejías, sales alcalinas, etc. a la suspensión así generada para la reducción adicional dado el caso necesaria del ácido libre aún presente y/o para el ajuste del valor de pH adicional de manera neutralizada o deseado y/o como componente nutritivo adicional. Así, se usa por ejemplo en una forma de realización preferida, un ácido sulfúrico diluido o no diluido como ácido mineral y, tras una reacción suficiente entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido sulfúrico para disolver y/o convertir al menos parcialmente la fase de fosfato insoluble, se añade amoníaco a la suspensión producida. Debido a ello, el fertilizante producido a partir de esto presenta una sal de sulfato de amonio, que puede utilizarse como nutrientes adicionales para las plantas.

En otra forma de realización preferida, el ácido mineral utilizado es ácido nítrico diluido y/o no diluido y/o ácido sulfúrico diluido y/o no diluido. El ácido nítrico contiene en este sentido nitrógeno, de manera correspondiente el ácido sulfúrico contiene azufre. El nitrógeno y el azufre son componentes nutritivos típicos de los abonos. El uso de ácido nítrico y/o sulfúrico es de manera correspondiente especialmente ventajoso cuando se van a producir abonos de múltiples nutrientes y las sustancias constitutivas del ácido sirven como suministradores de nutrientes. A este respecto puede cambiarse, dado el caso y en caso necesario, la forma de enlace del nitrógeno y el azufre en la mezcla de reacción.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, el al menos un ácido mineral es un ácido sulfúrico y se añade a la suspensión otra materia prima que contiene nitrógeno, tal como por ejemplo amoníaco o similar. Por ejemplo, el amoníaco puede añadirse en este sentido a la suspensión generada en forma diluida o no diluida.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, se añade a la suspensión al menos un inhibidor de ureasa y/o al menos un estabilizador de amonio. Los granulados de fertilizante pueden contener inhibidores de ureasa y estabilizadores de amonio para mejorar la utilización del abono nitrogenado y minimizar el potencial de pérdidas o pueden estar recubiertos con ello. La enzima ureasa desempeña un papel importante en el ciclo del nitrógeno del suelo, ya que sin esta enzima no sería posible la fertilización nitrogenada mediante la urea por lo demás resistente a la descomposición. El proceso de conversión de la urea en amonio se denomina hidrólisis. La urea se disocia en amoníaco y dióxido de carbono. La enzima ureasa necesaria para ello está omnipresente en el suelo activo. Junto con el agua, el amoníaco se disocia en amonio e hidróxido. Esta reacción provoca un aumento significativo del valor de pH y es la causa del escape de amoníaco gaseoso a la atmósfera. El

nivel de esta pérdida de nitrógeno puede ascender a más del 20 %. Los inhibidores de ureasa son compuestos químicos que reducen o impiden por completo la actividad de la enzima ureasa. Los inhibidores de ureasa típicos se clasifican químicamente en diamidas de ácido fosfórico, fosfazenos y tioles, así como derivados del ácido hidroxámico y de la urea, tal como por ejemplo PPDA y NBTP. Los estabilizadores de amonio se utilizan para retrasar la nitrificación en el suelo y por tanto también se designan como inhibidores de la nitrificación. Éstos actúan específicamente sobre el grupo de bacterias de las nitrosomonas, sin afectar en gran medida a otros organismos del suelo. El amonio se convierte en nitrato en el suelo a través del nitrato. Dependiendo de las propiedades del suelo, la humedad y la temperatura, este proceso se desarrolla normalmente en el intervalo de algunas horas a algunos días. La adición de inhibidores de la nitrificación a los abonos que contienen amonio prolonga la fase amoniacal en el suelo.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, durante la preparación de la suspensión se añade al menos un antiespumante y/o al menos un agente dispersante. En una forma de realización preferida, se añade un antiespumante a la suspensión durante el proceso de producción. Esto es especialmente ventajoso si se produce una fuerte reacción de formación de gas cuando se combinan los componentes individuales y se forma un tipo de espuma. Por ejemplo, el antiespumante puede disponerse con el agua o el ácido mineral o dosificarse junto con el agua o el ácido mineral o añadirse por separado.

La suspensión puede contener al menos un agente dispersante. El agente dispersante puede utilizarse, por ejemplo, para ajustar la viscosidad de la suspensión. Un agente dispersante adecuado también puede aumentar la concentración máxima posible de sustancias constitutivas en la suspensión, por ejemplo. Esto es ventajoso porque hay que evaporar menos agua en el proceso de granulación posterior y se produce más producto con la misma cantidad de adición. Esto reduce los costes de producción.

Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, la composición y el control de la reacción se seleccionan de modo que la suspensión se calienta hasta al menos 50 °C mediante reacciones que se desarrollan de manera exotérmica. A continuación, la suspensión así calentada se alimenta a una granulación, de manera que se produce el granulado de fertilizante. Cuando los componentes se combinan para formar la suspensión de acuerdo con la invención, pueden desarrollarse reacciones exotérmicas, en particular entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral. En una configuración especialmente ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, la reacción exotérmica se controla de modo que la suspensión se calienta hasta más de 50 °C, de manera especialmente preferente más de 60 °C. Esto puede controlarse por un lado mediante la selección del tipo y su relación de mezcla de la materia prima secundaria que contiene fosfato y/o el ácido mineral, dado el caso en combinación con una proporción de agua adicional ajustada. Por otro lado, pueden añadirse a la suspensión componentes que provoquen o intensifiquen una reacción exotérmica en la mezcla, así por ejemplo cal libre. Además, el experto sabe que la reacción exotérmica también puede controlarse mediante el orden en que se añaden los componentes, la velocidad a la que se añaden y el propio proceso de mezclado. En la forma de realización preferida, la suspensión calentada de esta manera se alimenta directamente a la granulación sin enfriamiento intermedio. Esto significa que el calor de reacción se utiliza, al menos parcialmente, en el proceso de secado y granulación.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, la suspensión así generada se alimenta a una granulación, en donde se forman los granulados de fertilizante. La producción de la suspensión y, por tanto, la reacción de conversión del fosfato entre la materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral se separan del proceso de granulación de acuerdo con la invención. La separación de las dos etapas del proceso de acuerdo con la invención también tiene la ventaja técnica de procedimiento de que los parámetros del proceso pueden optimizarse y ajustarse específicamente para la respectiva etapa del proceso. La combinación de distintas fases del proceso si bien parece en primer lugar más elegante, sin embargo conduce por regla general a una complejidad mucho mayor y, por tanto, a un control del proceso más difícil.

De acuerdo con la invención, la granulación es una aglomeración por pulverización y/o una granulación por pulverización que tiene lugar en un aparato de fluidización, tal como por ejemplo una instalación de lecho fluidizado o una instalación de lecho de chorreado.

La granulación por pulverización combina el secado convectivo o la solidificación y la formación de granulados en una única etapa del proceso. En este sentido, las partículas compactas (los granulados) se forman mediante la pulverización de líquidos que contienen sólidos en un lecho fluidizado o un lecho de chorreado utilizando una boquilla, en particular una boquilla a presión, que es más eficiente energéticamente que las boquillas convencionales, evaporando el disolvente (por regla general agua o similar) y permitiendo que los sólidos restantes provoquen el crecimiento de las partículas. Este proceso se designa con frecuencia también como secado por granulación o granulación por acumulación. Las boquillas a presión se designan también con frecuencia como boquillas monosustancia y utilizan su propia energía para atomizar el líquido suministrado. Por regla general, no se necesita aire comprimido ni vapor adicionales. El líquido presurizado escapa en forma de chorro o laminilla a la atmósfera gaseosa circundante. Dependiendo del tipo de boquilla y de los parámetros del proceso, se produce una gran variedad de pulverizaciones y tamaños de gota. En los procesos de granulación por pulverización, un líquido que contiene sólidos se pulveriza uniformemente sobre partículas más pequeñas a través de boquillas de pulverización. Estas partículas más pequeñas se conocen como núcleos de granulación y están constituidas por regla general por el mismo material que el sólido pulverizado sobre la fase líquida. Se forman directamente en el propio proceso mediante la

producción interna de núcleos, como el secado por pulverización o la abrasión, o bien reciclando partículas finas o triturando granulados sobredimensionados procedentes del ciclo de tamizado-molienda y por consiguiente no deben alimentarse como materia prima sólida.

5 Para la producción de granulados de fertilizante, por ejemplo, la suspensión puede introducirse en un lecho fluidizado a través de las boquillas del sistema de pulverización por medio de esta granulación por pulverización. El lecho fluidizado existente en el espacio de proceso está constituido preferentemente por el mismo tipo de material y se arremolina por un flujo de aire ascendente. Este flujo no sólo sirve para formar el propio lecho fluidizado, sino que también forma el agente de secado. El flujo de aire suministrado entra en la instalación de lecho fluidizado a través de una carcasa de aire de suministro. A este respecto, la temperatura de alimentación del aire de proceso se encuentra normalmente entre 20 °C y 400 °C. La humedad del producto y la velocidad de secado pueden variarse ajustando los parámetros de secado. La cantidad y la temperatura del aire suministrado determinan las condiciones de granulación en el lecho fluidizado. El alojamiento del aire entrante puede dividirse en varias cámaras de aire entrante para poder ajustar un flujo dirigido o diferentes cantidades de aire. El límite entre el alojamiento de aire entrante y el espacio de proceso está formado por la base del lecho fluidizado, que sirve para igualar el flujo de aire a través de la sección transversal del aparato y para evitar que la masa del lecho fluidizado caiga a través del alojamiento de aire entrante. La suspensión se pulveriza sobre las partículas contenidas en el lecho fluidizado. El líquido se vaporiza en su superficie y los sólidos de la suspensión inyectada se adhieren a las partículas, lo que da lugar a un crecimiento del grano casi en forma de concha. El líquido vaporizado se descarga del espacio de proceso con el agente fluidizante ahora enfriado a través del espacio de expansión y el espacio de separación de la instalación de lecho fluidizado como aire de escape. Las partículas arrastradas por el aire de proceso desde el lecho fluidizado, en particular el polvo fino, pueden separarse del aire, por ejemplo, en una zona de expansión integrada en el aparato de lecho fluidizado dotada de extensiones transversales y en un sistema de filtrado contiguo y pueden reconducirse al lecho fluidizado y aglomerarse allí. Con ello se produce un producto con poco polvo o sin polvo con una gama de granulometría ajustable. El grano inferior producido puede devolverse al proceso y el grano superior puede molerse o triturarse y también devolverse al proceso. Con ello se convierte técnicamente toda la suspensión completamente en producto. El aparato para esta forma de realización preferida es conocido, por ejemplo, por el documento de patente DE 101 46 778 B4 (Verfahren und Wirbelschichtanlage zur Herstellung von kompakten Feststoffpartikeln). Alternativamente, la granulación por pulverización también puede llevarse a cabo en un aparato de lecho de chorreado. A diferencia del lecho fluidizado, el gas de proceso en las instalaciones de lecho de chorreado no entra a través de toda la sección transversal de la cámara de proceso, sino sólo a través de dos o más huecos. Se crea un chorro de gas de proceso en el centro de la cámara de proceso. Tales aparatos son conocidos, por ejemplo, por los documentos de divulgación DE 10 2005 037 750 A1 y/o DE 103 22 062 A1. Para ello, por ejemplo, el aire entrante necesario para la formación del flujo de sólidos se introduce en un flujo de sólidos circular situado en la dirección axial del espacio de reacción del aparato de lecho de chorreado a través de un hueco situado en la zona inferior y en la dirección axial del espacio de reacción. El líquido se introduce en este flujo de sólidos en uno o varios puntos mediante una o varias boquillas monosustancia y/o multisustancia. Mediante esto pueden ajustarse las condiciones de flujo en la zona de atomización de modo que el líquido pueda aplicarse al flujo de sólidos de forma selectiva y ajustable. La elevada carga de partículas en la zona del núcleo da lugar a unas condiciones muy ventajosas para la transferencia de calor y materia en la zona de pulverización o el área de pulverización. Además, el líquido se deposita en gran medida sobre las partículas y éstas quedan así uniformemente humedecidas en sus superficies. La humectación uniforme con alta circulación simultánea de sólidos entre la zona de pulverización y la(s) zona(s) de retorno garantiza la formación de una película líquida muy uniforme sobre las partículas de material. El proceso de solidificación endurece el líquido y el sólido permanece en la superficie de la partícula. Como resultado, los granulados crecen de forma muy uniforme y homogénea, lo que da lugar a una distribución de tamaño de grano muy estrecha y a una estructura de partícula homogénea.

En una forma de realización preferida, los componentes de materia prima se alimentan a través de una boquilla multicomponente de tal manera que una suspensión generada de acuerdo con la invención se alimenta a través de al menos un canal de flujo de material y al menos otro componente de materia prima se alimenta a través de al menos un canal de materia prima separado. Las boquillas multisustancia ofrecen la posibilidad de atomizar varios líquidos (tal como por ejemplo suspensiones, soluciones o similares) simultáneamente con una boquilla y un solo medio de atomización (aire, gas o vapor) de manera muy fina. Al mismo tiempo, se produce un mezclado intensivo en la salida del orificio de la boquilla (ejemplo: boquilla de tres sustancias modelo 0/4 S41 de la empresa Düsen-Schlick GmbH). El mezclado intensivo de la suspensión generada y los demás componentes puede tener lugar dentro o justo fuera de la boquilla (según el tipo de boquilla). Este modo de dosificación de los productos de partida es especialmente ventajoso si, por ejemplo, diferentes reactivos reaccionan entre sí de forma indeseable. Estas reacciones indeseables pueden, por ejemplo, dar lugar a agregados o grumos que pueden bloquear los conductos de suministro o las boquillas. Además, pueden, por ejemplo, hacer que la suspensión se gelifique y así reducir o impedir la posibilidad de bombear o pulverizar la suspensión. Ventajosamente, la reacción espontánea, violenta e indeseable puede manejarse, controlarse y regularse dosificando los productos de partida de esta manera a través de boquillas multicomponente, ya que las relaciones de reacción de los productos de partida, por ejemplo, son más fáciles de ajustar y/o controlar. Adicionalmente, también es posible, por ejemplo, añadir otras sustancias como aditivos, componentes nutritivos, sustancias inertes o similares a la suspensión mediante atomización multicomponente. Esto permite, por ejemplo, adaptar la suspensión al campo de aplicación correspondiente.

Una ventaja especial de esta forma de realización para granular los granulados de fertilizante de acuerdo con la

invención por medio de aglomeración por pulverización y/o granulación por pulverización es que los granulados presentan una forma de granulado especialmente esférica. De este modo, pueden producirse granulados con un factor de forma superior a 0,8, preferentemente superior a 0,85 y de manera especialmente preferente superior a 0,9. Una

esfericidad en el intervalo de más de 0,90 corresponde a una muy buena redondez del granulado. Una bola perfecta

Otra ventaja es que el tamaño del granulado y la anchura de la distribución granulométrica pueden ajustarse con precisión. El tamaño del granulado puede verse influido, por ejemplo, por el control del proceso de una manera conocida por el experto y/o por el tipo y la composición de la suspensión, así como por la elección de los parámetros

El factor de forma en el sentido de la presente invención puede determinarse con precisión de la siguiente manera utilizando técnicas modernas de medición de partículas con procesamiento digital de imágenes:

$$SPHT = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{U \cdot 2}$$

con A: área de la superficie de proyección del granulado;

U: es la circunferencia de la superficie de proyección del granulado.

La esfericidad (valor SPHT) puede medirse, por ejemplo, con un aparato de medición comercial Camsizer® de la empresa Retsch Technology GmbH, que está equipado con una cámara CCD-Basic (1 píxel = 75 µm) y una cámara CCD-Zoom (1 píxel = 15 µm). La esfericidad media se especifica en términos de volumen, determinándose el volumen de la distribución mediante el software de análisis de imágenes de acuerdo con algoritmos generalmente conocidos. La base de definición de las variables medidas es la norma DIN 66141.

Para permitir un esparcimiento muy bueno y uniforme en los campos, los granulados generados por el procedimiento de acuerdo con la invención presentan preferentemente una distribución de tamaño de granulado estrecha. Una distribución de tamaño de granulado especialmente estrecha conduce a la distribución especialmente uniforme deseada de los granulados de fertilizante en los campos cuando los granulados de fertilizante se esparcen mecánicamente. La distribución de tamaño de granulado se encuentra en el intervalo de 1 mm (d₀₅) a 10 mm (d₉₅), de manera especialmente preferente en el intervalo de 2 mm (d₀₅) a 5 mm (d₉₅). La anchura de distribución del tamaño de granulado puede ajustarse, por ejemplo, seleccionando los cortes de criba o de fraccionamiento.

Los granulados de fertilizante deberán presentar una suficiente resistencia de granulado para producir la menor abrasión, rotura y polvo posibles en caso de sollicitación mecánica (por ejemplo, transporte, manipulación, esparcimiento en los campos). La resistencia de los granulados de fertilizante puede ajustarse, por ejemplo, mediante el control del proceso, y puede influirse en la porosidad y compacidad de los granulados, preferentemente seleccionando los parámetros de proceso de manera adecuada y ajustando la velocidad de secado. Además se ve influida la resistencia de los granulados. Además, la resistencia puede verse influida por el tipo de componentes de la materia prima y su finura. Además, pueden añadirse componentes al granulado para que actúen como aglutinantes. En este caso, se añaden preferentemente tales aglutinantes que, además del efecto aglutinante, también representan uno o más componentes nutritivos.

El granulado de fertilizante generado de acuerdo con la invención también puede recibir uno o más revestimientos adicionalmente en caso necesario. Un revestimiento (coating) puede desempeñar un papel importante en el mantenimiento de la calidad de los fertilizantes, por ejemplo, protegiéndolos de la penetración de la humedad, reduciendo la tendencia a la formación de grumos o los daños mecánicos causados por la manipulación y reduciendo así la formación de polvo. Por ejemplo, una tendencia dado el caso existente a la formación de grumos durante el transporte y almacenamiento de los granulados de fertilizante puede reducirse revistiéndolos con diversos principios activos, que por regla general comprenden una sustancia de superficie activa (tensioactivo) y un polvo fino inerte.

Además, los granulados de fertilizante pueden recibir un revestimiento que ajuste de manera controlada la liberación del principio activo. Los granulados de fertilizante revestidos de esta forma (a veces también denominados granulados de fertilizante encapsulados) son conocidos como fuentes eficaces y eficientes de liberación controlada de nutrientes para el suministro a largo plazo de las plantas. Estos nutrientes se liberan lentamente y de forma controlada a través del revestimiento de las partículas de abono, lo que da como resultado un suministro sostenido a las plantas. Los granulados de fertilizante encapsulados pueden ser más eficaces y causar menos problemas medioambientales que los abonos solubles debido a su lenta liberación de nutrientes. Dado que los nutrientes se liberan lenta y continuamente en lugar de repentina y bruscamente, las plantas los absorben en mayor cantidad; por lo tanto, no son arrastrados por el suelo ni absorbidos por las aguas subterráneas. Esta liberación controlada de principios activos puede conseguirse, por ejemplo, mediante un revestimiento con azufre. Estos abonos de depósito encapsulados también pueden conseguirse utilizando revestimientos poliméricos. Para producir abonos encapsulados de este tipo, por ejemplo, el polímero puede disolverse primero en un disolvente orgánico y aplicarse después al granulado de fertilizante. El disolvente que se evapora deja tras de sí una fina capa polimerizada muy uniforme y continua, que forma la capa de barrera del abono.

- Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, el granulado de fertilizante generado está provisto de al menos un revestimiento y/o al menos una capa funcional, en donde el revestimiento o la capa funcional se aplica durante o después de la generación del granulado de fertilizante mediante recubrimiento en una instalación de lecho fluidizado o una instalación de lecho de chorreado. Los expertos en la materia conocen numerosos procedimientos y tecnologías para el revestimiento de granulados. Todos los procedimientos y tecnologías que generan un revestimiento deseado son adecuados a este respecto.
- Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, al menos un revestimiento o capa funcional se aplica mediante recubrimiento en un aparato de fluidización (por ejemplo, una instalación de lecho fluidizado o de lecho de chorreado o similar) y/o un aparato de tambor (por ejemplo, un recubridor de tambor, un tubo giratorio o similar).
- En una forma de realización preferida, la granulación y el revestimiento de los granulados de fertilizante generados tienen lugar en un lecho fluidizado o lecho de chorreado continuo. Para ello, los granulados de fertilizante se generan en la sección de proceso frontal mediante pulverización y la correspondiente granulación o aglomeración por pulverización. En la misma instalación de lecho fluidizado o de lecho de chorreado, los granulados de fertilizante previamente generados se revisten a continuación de la granulación, con respecto al flujo de materia, aplicando una mezcla de revestimiento mediante un sistema de pulverización independiente, por ejemplo. En la granulación por pulverización, el granulado se construye en forma de concha como se ha descrito. En esta forma de realización preferida, el proceso se lleva a cabo por consiguiente de modo que al menos la concha superior se forma como un revestimiento. Para ello, se alimenta al menos una boquilla con la mezcla de revestimiento que forma la última capa o las últimas capas en el lecho fluidizado continuo.
- Según una configuración ventajosa adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, se añade al menos un sólido adicional al proceso de granulación. Estos componentes/sustancias adicionales pueden ser, por ejemplo, gérmenes extraños, sustancias inertes, coadyuvantes, aditivos o similares. Esto permite estabilizar la granulación y/o incorporar homogéneamente componentes/sustancias adicionales a los granulados producidos.
- El procedimiento tiene la ventaja de que la suspensión se genera como pulverización en un dispositivo de granulación a partir de al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato y al menos un ácido mineral mediante atomización. Con pulverización se designa en este caso la niebla de pulverización o el chorro de pulverización generado por la al menos una boquilla del dispositivo de granulación, que se produce atomizando los componentes individuales. La atomización del componente individual en el dispositivo de granulación puede realizarse mediante todo tipo de boquillas, por ejemplo mediante al menos una boquilla de presión, una boquilla multicomponente o similar. También se pueden utilizar diferentes boquillas. En este sentido, al menos el al menos un ácido mineral y la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato, es decir, una suspensión de cenizas, se atomizan mediante una pluralidad de canales, boquillas o similares en un dispositivo de granulación, es decir, un aparato de fluidización de acuerdo con la invención. La reacción entre el al menos un ácido y la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato ya tiene lugar en este sentido al menos parcialmente en la niebla de pulverización o chorro de pulverización (pulverización). Ventajosamente, la reacción espontánea y violenta puede manejarse, controlarse y regularse dosificando los productos de partida de esta manera, ya que las relaciones de reacción de los productos de partida, por ejemplo, son más fáciles de ajustar y/o controlar. Adicionalmente, también es posible, por ejemplo, añadir otras sustancias como aditivos, componentes nutritivos, sustancias inertes o similares a una suspensión que va a pulverizarse mediante atomización multicomponente. Esto permite, por ejemplo, adaptar la suspensión que va a pulverizarse al campo de aplicación correspondiente. Además, al atomizar de este modo al menos un ácido mineral y la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato a partir de una suspensión de cenizas, se aumenta la superficie de reacción, de modo que la reacción tiene lugar al menos parcialmente en el chorro de pulverización. Mediante esto es posible procesar una amplia variedad de materias primas secundarias que contienen fosfato de manera eficiente y rentable y por consiguiente hacerlas utilizables como fertilizantes. Para proporcionar un procedimiento especialmente rentable, el procedimiento de acuerdo con la invención no incluye ninguna etapa de separación de contaminantes, en particular de metales pesados. El cumplimiento de los límites legales de contaminantes en el fertilizante se garantiza más bien mediante la selección selectiva de materias primas secundarias que contengan fosfato, dado el caso en combinación con otros componentes. En el procedimiento de acuerdo con la invención, no se producen residuos del proceso, los componentes utilizados se convierten técnicamente por completo en granulados de fertilizante.
- Según una configuración ventajosa con respecto a esto del procedimiento de acuerdo con la invención, el contenido de P_2O_5 contenido en el granulado de fertilizante superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro.
- El producto de acuerdo con la invención, con los rasgos caracterizadores de la reivindicación 12, tiene con respecto a esto la ventaja de que el granulado de fertilizante con un factor de forma esférica mayor o igual a 0,85 y con una distribución de tamaño de granulado en el intervalo de 1 mm (d_{05}) a 10 mm (d_{95}) y una proporción de P_2O_5 superior al 8 %, en donde el contenido de P_2O_5 superior al 75 % es soluble en citrato de amonio neutro. En este sentido, el granulado de fertilizante puede estar revestido o no revestido.

Los procesos necesarios para la invención, como el proceso de granulación y/o revestimiento, pueden llevarse a cabo por lotes, es decir, como un proceso discontinuo, o como un proceso continuo.

Otras ventajas y configuración ventajosa de la invención pueden deducirse de la siguiente descripción y las reivindicaciones.

Descripción de los ejemplos de realización

A continuación se explican con más detalle dos ejemplos de realización para la producción de granulado de fertilizante.

Ejemplo de realización 1:

Se disponen 5 kg de cenizas de lodos de depuradora ($P_2O_5 = 21,3 \%$) en un recipiente agitador con 5 kg de agua y se mezclan a fondo por medio de un mecanismo agitador. A esto se añaden gradualmente 12,5 kg de ácido fosfórico al 40 % durante un espacio de tiempo de 10 minutos. A continuación, la mezcla se homogeneiza durante otros 15 minutos por medio de un mecanismo agitador.

La suspensión así generada se ha calentado hasta aprox. $55^\circ C$ y se pulveriza en el lecho fluidizado de una instalación de lecho fluidizado del tipo ProCell Labsystem con un inserto de proceso Vario 3 de Glatt a una tasa de pulverización de aprox. 3 kg/hora utilizando una boquilla de dos sustancias. La temperatura del aire entrante asciende a aprox. $160^\circ C$, la temperatura de aire de escape a aprox. $90^\circ C$ y la temperatura de material a aprox. $100^\circ C$.

Para empezar, se dispusieron 500 g de material de núcleo de la propia especie con un tamaño de partícula promedio de 0,2 mm, de modo que desde el principio se dispusiera de un lecho fluidizado. Este material de núcleo se produjo previamente a partir de la suspensión por medio de secado por pulverización. Cuando se alcanzó el tamaño de granulado promedio deseado de aproximadamente 4 mm, se detuvo la pulverización y se retiró el granulado. Se determinó la siguiente especificación para el granulado:

- Forma de grano redonda, compacta; Factor de forma = 0,89
- Proporción de P_2O_5 soluble en citrato de amonio neutro: 46,1 %
- Proporción de P_2O_5 soluble en agua: 25,2 %
- Concentración de metales pesados: Para todos los metales pesados pertinentes, la concentración determinada estaba por debajo de los valores límite de la Ordenanza sobre fertilizantes

Ejemplo de realización 2:

Se disponen 5 kg de cenizas de lodos de depuradora ($P_2O_5 = 21,3 \%$) en un recipiente agitador con 10 kg de agua y se mezclan a fondo por medio de un mecanismo agitador. A esto se añaden gradualmente 2,9 kg de ácido sulfúrico al 80 % durante un espacio de tiempo de 10 minutos. A continuación, se añaden 3,1 kg de amoníaco al 80 % a la suspensión mientras se agita. Tras otros 5 minutos, se añaden 1,9 kg de fosfato de monopotasio (KH_2PO_4), 0,5 kg de $MgCl$ y 0,5 kg de KCl . A continuación, la mezcla se homogeneiza durante otros 15 minutos por medio de un mecanismo agitador.

La suspensión así generada se ha calentado hasta aproximadamente $50^\circ C$ y se pulveriza en un lecho fluidizado utilizando una boquilla de dos sustancias de manera análoga al ejemplo de realización 1.

Para empezar, se dispusieron 500 g de material de núcleo de la propia especie con un tamaño de partícula promedio de 0,2 mm, de modo que desde el principio se dispusiera de un lecho fluidizado. Este material de núcleo se produjo previamente a partir de la suspensión por medio de secado por pulverización.

Cuando se alcanzó el tamaño de granulado promedio deseado de aproximadamente 4 mm, se detuvo la pulverización y se retiró el granulado. Se determinó la siguiente especificación para el granulado:

- Forma de grano redonda, compacta; Factor de forma = 0,87
- Proporción de P_2O_5 soluble en citrato de amonio neutro: 16,0 %
- Proporción de N: 16,1 %
- Proporción de K_2O : 8,0 %
- Proporción de MgO : 4,0 %
- Proporción de S: 6,3 %
- Concentración de metales pesados: Para todos los metales pesados pertinentes, la concentración determinada estaba por debajo de los valores límite de la Ordenanza sobre fertilizantes

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de granulado de fertilizante, **caracterizado por**

- 5 - **que** se genera una suspensión al menos de al menos una ceniza que presenta una materia prima secundaria que contiene fosfato y al menos un ácido mineral, en donde la ceniza que presenta la al menos una materia prima secundaria que contiene fosfato es una ceniza procedente de la combustión de lodos de depuradora y/o excrementos de animales y/o harina de animales y/o residuos de animales y/o carcasas de animales y/o estiércol líquido y/o residuos de fermentación,
- 10 - en la suspensión, durante una reacción entre la al menos una ceniza que presenta una materia prima secundaria que contiene fosfato y el ácido mineral, los fosfatos poco solubles de la al menos una ceniza que presenta una materia prima secundaria que contiene fosfato se disuelven al menos parcialmente y/o se convierten al menos parcialmente en una fase de fosfato soluble en agua y/o en citrato de amonio neutro y
- 15 - esta suspensión se alimenta a continuación a una granulación, en donde la granulación que tiene lugar en un aparato de fluidización es una aglomeración por pulverización y/o una granulación por pulverización y en donde el granulado de fertilizante se forma de modo que el contenido de P_2O_5 contenido en el granulado de fertilizante superior al 75 % p/p es soluble en citrato de amonio neutro.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el al menos un ácido mineral es ácido fosfórico, ácido nítrico, ácido sulfúrico o una mezcla de al menos dos de los ácidos minerales.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se añade a la suspensión al menos un álcali y/o al menos una sal.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un ácido mineral es ácido fosfórico y el granulado de fertilizante generado presenta una proporción de P_2O_5 soluble en citrato de amonio neutro superior al 35 % p/p y una proporción de P_2O_5 soluble en agua superior al 25 % p/p.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un ácido mineral es un ácido sulfúrico y se añade a la suspensión un compuesto que contiene nitrógeno.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se añade a la suspensión al menos un inhibidor de ureasa y/o al menos un estabilizador de amonio.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** durante la producción de la suspensión se añade al menos un antiespumante y/o al menos un agente dispersante.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la suspensión se calienta hasta al menos 50 °C mediante reacciones que se desarrollan de manera exotérmica.
- 40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el granulado de fertilizante generado recibe al menos un revestimiento, en donde se aplica el revestimiento durante o después de la generación propiamente dicha del granulado de fertilizante.
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un revestimiento se aplica mediante recubrimiento en un aparato de fluidización y/o en un aparato de tambor.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se alimenta al menos un sólido adicional al proceso de granulación.
- 50 12. Granulado de fertilizante, producido según un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, con un factor de forma esférico mayor o igual a 0,85, con una distribución de tamaño de granulado en el intervalo de 1 mm de d_{05} a 10 mm de d_{95} y una proporción de P_2O_5 superior al 8 % p/p, en donde el contenido de P_2O_5 superior al 75 % p/p es soluble en citrato de amonio neutro.