

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 675**

51 Int. Cl.:

**C02F 11/16** (2006.01)  
**C02F 11/18** (2006.01)  
**C02F 1/52** (2006.01)  
**C02F 11/04** (2006.01)  
**C02F 11/06** (2006.01)  
**C02F 11/12** (2009.01)  
**C02F 101/10** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2015 PCT/EP2015/071870**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016 WO16046262**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2015 E 15777890 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2022 EP 3197839**

54 Título: **Procedimiento y disposición para el tratamiento de agua residual**

30 Prioridad:

**23.09.2014 DE 102014013813**

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

**15.06.2022**

73 Titular/es:

**AWAMA GMBH (100.0%)  
Alte Frankfurter Strasse 182  
38122 Braunschweig, DE**

72 Inventor/es:

**SIEVERS, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 914 675 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 y disposición para el tratamiento de agua residual

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de agua residual, en el que al menos partes del lodo de depuradora contenido en el agua residual se someten a una hidrólisis, en el que la hidrólisis se realiza como hidrólisis térmica y en el que tras la etapa de la hidrólisis tiene lugar un secado.
- 10 La invención se refiere además a una disposición para el tratamiento de agua residual, con un dispositivo de hidrólisis para el tratamiento por hidrólisis de lodo de depuradora y un secador para el secado de lodo de depuradora.
- 15 En el tratamiento de agua residual se produce por regla general lodo de depuradora. El lodo de depuradora no es en absoluto un subproducto solo desventajoso, que tiene que desecharse, sino que representa más bien debido a sus sustancias contenidas orgánicas una valiosa fuente de energía y debido al fosfato y nitrógeno contenidos una fuente de nutrientes para plantas.
- 20 El contenido de energía del lodo de depuradora puede aprovecharse por un lado mediante la digestión y la valorización del gas de digestión que contiene metano que se produce, pero por otro lado también mediante una combustión del lodo de depuradora secado y una valorización de los gases de horno que se generan. A este respecto, una combinación de digestión y deshidratación en una ubicación, así como el secado y la combustión en otra ubicación, ofrece un aprovechamiento de energía primaria muy alto. El aprovechamiento de energía primaria puede aumentarse adicionalmente, al instalarse los cuatro procedimientos (digestión, deshidratación, secado, combustión) en una ubicación común, cuando el secado tiene lugar con sobrepresión en el rango de vapor y la capacidad de deshidratación del lodo digerido se mejora mediante medidas de pretratamiento, en particular mediante una hidrólisis térmica. Esta combinación puede mejorarse claramente aún más prescindiendo de la digestión y utilizando una monocombustión en la misma ubicación.
- 25 Por hidrólisis se entiende la escisión de un compuesto químico por medio de agua. Debido a la hidrólisis térmica debe evaporarse entonces menos agua durante el secado del lodo digerido.
- 30 Un tratamiento por hidrólisis térmica de lodo de depuradora a temperaturas de desde aproximadamente 60°C hasta 320°C y una duración de tratamiento de desde aproximadamente 10 minutos hasta 2 horas mejora la capacidad de digestión del lodo de depuradora, de modo que durante la digestión se producen una mayor degradación de la parte de lodo de depuradora orgánica y una producción de multigás. De ese modo se consiguen un mayor rendimiento de energía durante la digestión así como una menor corriente másica de lodo de depuradora que debe deshidratarse.
- 35 Ya se conocen diferentes propuestas por el estado de la técnica para un tratamiento de agua residual correspondiente. Así, ya en el documento DE 43 33 468 C2 se describe un procedimiento para el tratamiento de masas residuales biogénicas, entre otras también de lodo de depuradora. A este respecto, el lodo de depuradora se somete en primer lugar a una digestión. A continuación se trata el lodo digerido por medio de una hidrólisis por presión térmica a temperaturas de aproximadamente 300°C y después se guía de nuevo de vuelta a la digestión. El calor necesario para la hidrólisis se suministra indirectamente a través de intercambiadores de calor, proponiéndose como fuente de calor el propio gas de hidrólisis o también la combustión de biogás.
- 40 Por el documento DE 198 58 187 C5 se conoce un procedimiento para el tratamiento de lodo de depuradora. El lodo de depuradora se suministra tras el tratamiento en una primera etapa de digestión anaerobia a la desintegración térmica. El lodo que abandona la desintegración térmica a continuación o bien se digiere en una segunda etapa de digestión anaerobia o bien se guía de vuelta a la primera etapa de digestión anaerobia. El calor para la hidrólisis se suministra indirectamente a través de intercambiadores de calor y se evacúa de nuevo igualmente a través de intercambiadores de calor tras haber tenido lugar la hidrólisis.
- 45 Por el documento EP 1 230 167 B1 se conoce un procedimiento para el tratamiento de residuos de la industria del procesamiento de animales. Estos residuos se someten tras la adición de una sustancia alcalina a un tratamiento por hidrólisis térmica a de 20°C a 160°C. En etapas de procesamiento adicionales tiene lugar entre otros también un secado de una parte del residuo a presión ambiente o también a vacío, evacuándose el vaho al entorno. El suministro de calor para una hidrólisis térmica tiene lugar indirectamente a través de un elemento calefactor.
- 50 Por el documento EP 0 588 138 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la recuperación de calor durante la degradación química de lodo de depuradora o agua residual. A este respecto está previsto realizar en el desagüe caliente una liberación de presión y separar el vaho que se genera a este respecto de la fase acuosa y suministrarlo de vuelta a la afluencia fría. De ese modo se pretende que una parte de los vahos se condensen y calienten la afluencia. Además están previstas, por ejemplo, tres columnas de burbujas conectadas sucesivamente, que se inundan, se hacen funcionar y se atraviesan por una suspensión de sólidos y gas en corriente directa.
- 60 Por el documento US 2012/0111515 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la hidrólisis térmica de biomasa. A este respecto se propone calentar la biomasa en primer lugar en una primera etapa de precalentamiento
- 65

- de manera aproximadamente continua, entonces pasar esta biomasa calentada previamente de manera secuencial a al menos dos reactores y entonces calentar estos reactores mediante el suministro de vapor y ponerlos a presión. Los reactores se mantienen a una temperatura dada y una presión durante un tiempo dado. Después se pasan la biomasa calentada y puesta a presión desde los reactores a un primer tanque de despresurización sin una reducción sustancial en la presión y se descarga allí la presión en la biomasa rápidamente con la ayuda de una boquilla, de modo que se fractura la biomasa. La biomasa se redirige entonces desde el primer tanque de despresurización a un segundo tanque de despresurización a una menor presión que la presión en el primer tanque de despresurización y se suministra la biomasa tratada para su tratamiento adicional a un dispositivo posterior.
- Por el documento WO 2013/163998 A1 se conoce un procedimiento para el tratamiento continuo de material biológico. Durante el procedimiento se suministra el material biológico a un dispositivo de suministro, que sirve como sistema de esclusas. A este respecto se aumenta la presión en el dispositivo de suministro, se pasa el material biológico desde el dispositivo de suministro a un reactor por medio de diferencias de presión o la fuerza de la gravedad. Opcionalmente se aumenta adicionalmente la presión en el reactor.
- En el documento EP 1 320 388 B1 se describe un procedimiento para el tratamiento de material orgánico. El material orgánico se cuece en primer lugar con cal, es decir  $\text{CaO}$  y/o  $\text{Ca(OH)}_2$ , a una temperatura de entre  $100^\circ\text{C}$  y  $220^\circ\text{C}$  a presión. El calor necesario para ello se suministra indirectamente. El material orgánico cocido se suministra a continuación a una instalación de separación, separándose amoníaco debido a la despresurización y haciéndose precipitar al mismo tiempo ortofosfatos disueltos. Alternativamente, el material cocido puede transformarse parcialmente en biogás antes del suministro a la instalación de separación en condiciones anaerobias.
- En el documento EP 1 527 022 B1 se describe un procedimiento para el tratamiento de lodo de depuradora. A este respecto, el lodo de depuradora se somete al menos a una etapa de pretratamiento, además tiene lugar también una hidrólisis térmica a de  $50^\circ\text{C}$  a  $180^\circ\text{C}$  y una presión de entre 2000 hPa y 40.000 hPa. El lodo pretratado se digiere a continuación manera aerobia o anaerobia. Alternativamente, los sólidos que han quedado en el lodo tras el pretratamiento se separan y se suministran a una nueva hidrólisis térmica. La hidrólisis térmica tiene lugar en un autoclave a pequeña escala, es decir, el calor se suministra indirectamente.
- Un procedimiento adicional para el tratamiento de lodo de depuradora se conoce por el documento DE 10 2011 112 780 A1. El lodo se trata en primer lugar en una hidrólisis térmica o química-térmica. A continuación tiene lugar una separación de ortofosfato disuelto del lodo. Después se digiere de manera anaerobia el lodo restante en el digestor. A este respecto, el suministro de calor para la hidrólisis térmica puede tener lugar indirectamente a través de intercambiadores de calor y/o directamente por medio de inyección de vapor. El lodo se enfría tras la hidrólisis y antes de la separación de fosfato a través de un dispositivo de enfriamiento.
- Por el documento DE 10 2009 014 776 A1 se conoce un procedimiento para la hidrólisis térmica de masa orgánica. El calor para la hidrólisis térmica se transmite o se extrae indirectamente a través de intercambiadores de calor, es decir a través de elementos de calentamiento y de enfriamiento. A este respecto se transporta un medio entre el elemento de calentamiento y el elemento de enfriamiento en circulación. A este respecto, el calor necesario para la hidrólisis se transmite indirectamente al medio.
- Para todos los procedimientos conocidos mencionados es necesaria adicionalmente una energía térmica durante la hidrólisis térmica. A este respecto, con frecuencia ya se tiene también en cuenta que esta energía térmica se recibe de una parte de la producción de multigás de la digestión o del calor de escape del gas de digestión quemado en un motor de combustión, es decir en última instancia de energía térmica, que se genera en el propio procedimiento. No obstante, en muchos casos sería posible aprovechar esta energía térmica también todavía de otra manera y existe un interés considerable por utilizar al menos de manera efectiva la energía térmica adicional utilizada para la hidrólisis térmica.
- A este respecto, en realidad debe darse menos preferencia a una transmisión de calor indirecta, aunque se lleve a cabo así en todas las propuestas mencionadas anteriormente. La transmisión de calor de manera indirecta es claramente menos favorable y menos efectiva y tiene además la desventaja de que limita enormemente la concentración de sólidos posible como máximo en el lodo de depuradora. Si se seleccionara más alta la concentración de sólidos en el caso de una transmisión de calor indirecta, la transmisión de calor sería todavía peor, dado que la viscosidad del lodo aumenta con una concentración de sólidos creciente.
- Para evitar estas desventajas ya se ha propuesto en el documento DE 10 2008 013 980 B3, en un procedimiento para el tratamiento de lodo de depuradora, suministrar directamente el calor necesario para la hidrólisis o bien indirectamente por medio de intercambiadores de calor o bien sino también por medio de inyección de vapor de vapor de agua. Esta propuesta contiene además ya la idea de tratar solo el denominado lodo en exceso del lodo de depuradora con una hidrólisis térmica y a continuación digerirlo de manera anaerobia en el digestor. Es decir, el lodo en exceso hidrolizado se digiere por separado.
- En un procedimiento conocido por el documento EP 0 784 504 B1 para la hidrólisis de materiales orgánicos tiene lugar igualmente una hidrólisis térmica de material orgánico tal como, por ejemplo, lodo de agua residual por medio de vapor

de agua. Además de un calentamiento indirecto del material orgánico a través de intercambiadores de calor se describe también un proceso directo en un recipiente a presión, en el que el vapor de agua se introduce desde el fondo en el recipiente a presión y eleva la temperatura.

- 5 También en el documento EP 1 198 424 B1 se propone un suministro directo de vapor en un procedimiento para el tratamiento de lodo de depuradora a un reactor de hidrólisis. A este respecto, el material orgánico se calienta en primer lugar hasta una temperatura de aproximadamente 100°C, a continuación se mezcla con vapor a una presión de desde 1.000 hPa hasta 4.000 hPa absolutos en un mezclador y se conduce a un tanque de precalentamiento, a continuación se lleva hasta una presión de desde 3.000 hPa hasta 10.000 hPa absolutos y se conduce a un reactor de hidrólisis.
- 10 Tras haber tenido lugar la hidrólisis se alivia la presión en un tanque de despresurización hasta de 1.000 hPa a 4.000 hPa. A esta presión tiene lugar una separación de vapor y lodo, a continuación tiene lugar dado el caso un enfriamiento adicional del lodo. El calor se suministra en este procedimiento para el precalentamiento hasta aproximadamente 100°C indirectamente a través de intercambiadores de calor y para el calentamiento adicional hasta más de 100°C directamente por medio de inyección de vapor. Para la reducción de la demanda de calor o demanda de vapor se separa el vapor del tanque de despresurización y o bien se guía de vuelta al primer intercambiador de calor y/o bien se mezcla con el lodo en el mezclador.

Estas propuestas, que están dotadas de una hidrólisis que trabaja con inyección de vapor, necesitan para la generación del vapor en cada caso una caldera de vapor. Esto es muy desventajoso, puesto que el agua que debe evaporarse tiene que satisfacer altos requisitos de pureza, para que se eviten deposiciones en la caldera de vapor y daños de la caldera de vapor. Una calidad del agua de este tipo, que satisface estos requisitos de pureza, por regla general solo puede garantizarse a través de un procesamiento de agua adicional de agua potable o por medio de agua industrial bien procesada y conduce por consiguiente a costes y riesgos adicionales y naturalmente también a la problemática de una avería adicional de las calderas de vapor en el caso de que, por ejemplo, sí se produzcan daños.

20 Además, el agua que debe evaporarse permanece en el lodo y por tanto tiene que proporcionarse continuamente.

A pesar de las ventajas que ofrece una inyección de vapor directa a la etapa de la hidrólisis térmica en el tratamiento de agua residual, estas propuestas siguen chocando por tanto con dificultades prácticas y todavía no se han impuesto en la medida deseada. Como siempre se trabaja con el suministro de energía térmica indirecta convencional probada para la hidrólisis térmica y se asumen las desventajas esbozadas anteriormente.

Un procedimiento para la valorización a nivel de energía y de sustancia simultánea de desechos se conoce por el documento DE 10 2008 045 289 A1. En este se emplea un procedimiento metalúrgico para la a nivel de energía y de sustancia simultánea de desechos inorgánicos y/u orgánicos mediante la generación de gases ricos en energía con la recuperación simultánea de sustancias reciclables en una etapa de procedimiento. El gas de horno rico en poder calorífico que se produce durante la monocombustión con aproximadamente 2000°C con el 10,5% de H<sub>2</sub> y el 19% de CO puede aprovecharse a través de una combustión posterior para la generación de vapor para un secado a alta temperatura.

40 En la práctica existe el deseo de presentar propuestas adicionales para mejorar el tratamiento de agua residual, que posibiliten un trabajo más efectivo y/o abran campos de aplicación adicionales.

Este objetivo se alcanza en un procedimiento de tipo genérico por medio de la presente invención porque el lodo de depuradora se suministra tras la hidrólisis a un equipo de deshidratación posterior, porque el lodo de depuradora deshidratado se suministra desde el equipo de deshidratación posterior con aproximadamente el 30% de sustancia seca a través de un conducto al secado, porque el secado es un secado que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor y porque al menos partes del vapor que se genera durante el secado que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor se suministran a las partes del lodo de depuradora en la hidrólisis térmica.

50 En una disposición de tipo genérico se alcanza este objetivo por medio de la presente invención porque está previsto un equipo de deshidratación posterior, que está conectado al dispositivo de hidrólisis, porque el equipo de deshidratación posterior está unido a través de un conducto con el secador, porque el lodo de depuradora suministrado a través del conducto presenta aproximadamente el 30% de sustancia seca, porque el secador es un secador que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor, porque está previsto un dispositivo de suministro para el suministro del vapor que se genera en el secador que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor al dispositivo de hidrólisis y porque el dispositivo de hidrólisis está construido de modo que lleva a cabo un mezclado del vapor suministrado con el lodo de depuradora.

Según la invención se propone que la etapa de secado ya prevista también de manera general en el procedimiento convencional se lleve a cabo mediante un secado por vapor. Los vahos que se generan durante este secado por vapor se conducen entonces a la etapa de hidrólisis. A este respecto, el lodo de depuradora puede calentarse e hidrolizarse mediante el vaho. A este respecto, al menos una parte del vaho se condensa y conduce así a un calentamiento directo del lodo de depuradora hasta la temperatura de hidrólisis deseada.

65 Con el secado por vapor llegan también sustancias contenidas del lodo al vaho. Por consiguiente, el condensado del secado por vapor contiene sustancias contenidas adicionales, que tienen una influencia sobre la hidrólisis. Esta

influencia es claramente distinta a cuando se utiliza vapor de agua sin tales sustancias contenidas para las hidrólisis térmica prevista, tal como sucede en el caso de etapas de secado previstas en procedimientos convencionales sin el secado por vapor según la invención.

5 Esta influencia completamente nueva, que se genera mediante la invención, conduce a que se mejore claramente la eficiencia de la hidrólisis debido a las sustancias contenidas extraídas por medio de secado por vapor. Con respecto a una digestión de lodo hidrolizado de manera convencional se consigue un rendimiento de gas o de metano más rápido o mayor. En ensayos ya se ha descubierto que esta mejora puede ascender perfectamente a aproximadamente el 15% en el caso de una duración de digestión de 7 días.

10 Además, el vapor expulsado del secado, es decir en este caso concretamente el vaho con las sustancias contenidas adicionales mencionadas, puede compactarse ventajosamente a la presión necesaria para una inyección de vapor en el caso de una hidrólisis térmica. Alternativamente se ofrece la posibilidad de realizar el secado por vapor a presión aumentada y llevar a cabo una inyección de vapor directa sin una compactación adicional.

15 De manera especialmente preferible, el objetivo planteado se alcanza según la invención porque el secado con sobrepresión en el rango de vapor es un secado por vórtice.

20 En esta forma de realización preferida se genera una combinación novedosa de hidrólisis térmica con un secado por vapor en capa turbulenta. El vapor expulsado del secado por vapor en capa turbulenta se conduce al reactor de hidrólisis. El nivel de presión y de temperatura así como la cantidad del vapor pueden adaptarse en caso necesario a través de condiciones adicionales todavía adicionalmente a las condiciones que rigen en cada caso de la hidrólisis.

25 La mejora ya mencionada anteriormente de la hidrólisis mediante la composición distinta del vaho con respecto al vapor de agua convencional asciende con respecto al rendimiento de gas de digestión a aproximadamente el 15% o con respecto al volumen necesario del digestor a una reducción de alrededor del 50%. Con ello, el aprovechamiento del vaho del secador por evaporación en capa turbulenta utilizado preferiblemente en las condiciones de secado correspondientes es especialmente ventajoso.

30 La composición del vaho en forma de vapor, que puede conseguirse en un procedimiento de secado en circuito de vapor cerrado y a sobrepresión, muestra sorprendentemente estas ventajas. La temperatura en el secador por evaporación en capa turbulenta asciende a aproximadamente 150°C, con lo que tiene lugar adicionalmente una hidrólisis de sustancias contenidas del agua evaporada durante el secado. Esta es una clara variación con respecto a los secadores por evaporación atmosféricos o que no se hacen funcionar a sobrepresión, en los que no tiene lugar una hidrólisis de este tipo.

35 El secador por evaporación en capa turbulenta conduce a una variación dirigida de la composición del vapor, que posibilita una hidrólisis térmica mejorada para una obtención de energía aumentada y no es comparable con los procedimientos convencionales.

40 El vapor de agua no se conduce, como se describe convencionalmente, directamente a una hidrólisis térmica, sino que se conduce en primer lugar al secador por evaporación en capa turbulenta, para suministrarlo entonces junto con las sustancias contenidas extraídas del lodo de depuradora a continuación a la hidrólisis térmica. Por consiguiente, el procedimiento según la invención incluye también un aprovechamiento doble del vapor de agua, cuyas ventajas solo pueden conseguirse mediante el aprovechamiento de un secador por evaporación en capa turbulenta en esta forma.

45 Es especialmente ventajoso que ya no es necesario un generador de vapor. Esto significa una supresión de esfuerzo de aparatos considerable. Además, tampoco es necesario ya un procesamiento de agua pura para la generación de vapor. Esto significa que el operador de la instalación de procesamiento de agua residual ya no tiene que ocuparse de las elevadas condiciones previas para un procesamiento de agua pura. Tampoco tiene que proporcionarlo, ni hacer su mantenimiento, ni está obligado a tener en cuenta desde el principio los posibles tiempos de parada debido a mantenimiento y reparación en cualquier forma.

50 Una ventaja adicional radica en que ya no se produce ningún consumo de agua de proceso. Esto ahorra costes y ahorra también la reserva y el cuidado de capacidades correspondientes.

55 También puede suprimirse sin sustitución un intercambiador de calor para la condensación del vapor expulsado, que por regla general tenía que utilizarse en instalaciones convencionales.

60 Igualmente, tampoco se necesita ni un intercambiador de calor de precalentamiento ni un intercambiador de calor de enfriamiento. En general, también de ese modo se genera un funcionamiento más sencillo y menos técnica de aparatos.

65 Estas ventajas se generan también en el caso de un secador por vapor de otro tipo, sin embargo han dado especialmente buen resultado los secadores por vapor de capa turbulenta y ofrecen ventajas adicionales. El secado por vapor en capa turbulenta en forma adaptable se conoce, por ejemplo, por el documento EP 2 457 649 A1. Se

describe en el mismo en relación con la fluidización de en particular partículas de azúcar en la industria del azúcar, pero con una adaptación correspondiente de los parámetros puede utilizarse también para el secado de lodo de depuradora. A escala piloto, esto ya se ha probado y funciona de manera excelente. Mediante una combinación con la hidrólisis térmica se obtiene un modo de funcionamiento excelente.

5 Otro procedimiento para la combinación de un secado en capa turbulenta, en este caso en relación con una gasificación de combustibles húmedos, se describe en el documento DE 10 2009 049 181 A1. A este respecto, como combustibles húmedos se describen determinadas fracciones del procesamiento de desecho y residuos con mayores contenidos de celulosa así como biomasas de origen primario y secundario. Para poder utilizar un secador en capa turbulenta tiene que precalentarse previamente el combustible líquido indirectamente a través de intercambiadores de calor, porque un contacto directo del condensado conduciría a un aumento no deseado del contenido de humedad del combustible. Una utilización de un secador en capa turbulenta durante el tratamiento posterior de lodo de depuradora a partir de aguas residuales ni se concibe ni es posible con un procedimiento conocido de este tipo.

15 En una forma de realización especialmente ventajosa de la presente invención puede prescindirse totalmente de un precalentamiento indirecto del lodo de depuradora que debe hidrolizarse mediante intercambiadores de calor. Esto es válido en particular cuando está disponible una cantidad suficiente de vapor y este no se necesita de otro modo. Entonces pueden suprimirse todos los aparatos adicionales necesarios por lo demás en este contexto tales como intercambiadores de calor, conductores tubulares y bombas. De ese modo se reducen considerablemente los costes de inversión y de funcionamiento.

20 Además, este procedimiento propuesto es también más robusto y más fácil de manejar desde el punto de vista de la técnica de funcionamiento. Esto se debe en particular a que una condensación directa del vapor introducido por medio de inyección de vapor evita los problemas que se producen convencionalmente, tales como, por ejemplo, bioincrustación, deposición, fuga, así como trabajos adicionales tales como, por ejemplo, una limpieza de superficies de intercambiadores de calor.

25 También es especialmente ventajoso que el procedimiento según la invención no necesita nada de agua fresca. Es decir, se suprimen no solo, como ya se ha mencionado anteriormente, los requisitos de mantener en reserva en todo caso por separado una caldera de vapor u otra instalación de generación de vapor, sino que se obtienen también por lo demás debido al ahorro de agua ventajas de funcionamiento y de protección de los recursos.

30 Una ventaja adicional es que, además de la hidrólisis deseada del lodo de depuradora, también tiene lugar una condensación de al menos una parte del vaho. Mediante esta condensación se libera entalpía de evaporación y se recupera una gran parte de la energía térmica consumida previamente durante el secado por vapor. De esta manera se generan además también todavía ahorros de energía o alternativamente a esto ahorros equivalentes de CO<sub>2</sub>.

35 El vaho condensado que se genera puede permanecer ventajosamente entonces también directamente en la digestión anaerobia y por consiguiente se sigue tratando de manera integrada. A este respecto, las sustancias contenidas orgánicas del vaho condensado se digieren igualmente al menos parcialmente y se transforman en energía adicional.

En una serie de formas de realización está previsto que con las partes del lodo de depuradora sometidas a la hidrólisis térmica se lleve a cabo a continuación una digestión.

40 Para ello pueden preverse en particular digestores. Los digestores y las etapas de digestión también se conocen en sí por el estado de la técnica tal como se describió al principio y se prefiere prever una digestión de este tipo también en las variantes según la invención. Sin embargo, también es posible ejecutar formas de realización de la invención sin digestores y sin una digestión a continuación de la hidrólisis térmica.

45 En una forma de realización preferida adicional está previsto que a partir del lodo de depuradora suministrado durante la deshidratación se lleve a cabo una recuperación de fósforo.

50 Esta medida tiene la ventaja de suministrar también los nutrientes para plantas, que están contenidos en el lodo de depuradora, a un aprovechamiento razonable y efectivo. Estos nutrientes para plantas pueden recuperarse mediante precipitación de fosfato y separación de nitrógeno del agua de lodo de depuradora, pero igualmente también en el procedimiento de recuperación a partir de las cenizas de lodo de depuración, es decir a partir de los residuos de la combustión de lodo de depuradora. Por lo demás, también es posible aprovechar la escoria que contiene fosfato obtenido en una monocombustión a alta temperatura como abono.

55 Por el documento DE 10 2012 014 357 B3 se conoce una forma de realización tal, que prevé una valorización a nivel de sustancia y/o de energía de lodo de depuradora que contiene fósforo por medio de gasificación en estado fundido en hornos de cuba metalúrgicos. A este respecto, los compuestos de fósforo que llegan a la fase gaseosa se separan y se convierten en aprovechables por medio de un reciclado de sustancia, metalúrgico.

En forma de realización adicionales puede flexibilizarse la emisión de calor del vaho que está a presión en el sentido de que este se utiliza para el procesamiento de agua, la separación de vapor del agua de proceso, para la deshidratación mecánica, para el funcionamiento de microturbinas y la concentración destilativa de aguas salinas.

5 En una forma de realización adicional pueden flexibilizarse las corrientes de energía en una depuradora y entre varias depuradoras en el sentido de que se genera un medio de almacenamiento almacenable y transportable en forma de lodo de depuradora secado. A este respecto, el lodo de depuradora secado puede transportarse de manera económica desde depuradoras más pequeñas y quemarse conjuntamente en una ubicación de depuradora más grande.

10 Una forma de realización de la invención consiste en una disposición para el tratamiento de agua residual, en la que no está previsto ningún digestor. A este respecto, el lodo de depuradora secado puede suministrarse a una instalación de combustión, en particular a una instalación de monocombustión o una instalación de combustión de desechos, o a una instalación de vitrificación en estado fundido. Los gases de horno ricos en poder calorífico que se generan pueden aprovecharse en una combustión posterior para la generación de vapor para un secado a alta temperatura y/o una  
15 generación de corriente. También es posible una valorización en fábricas de cemento o en centrales carboeléctricas u otras instalaciones. En el caso de una combinación de secado y combustión, la corriente es un producto especialmente decisivo para la rentabilidad. Esta forma de realización conduce a un cambio del procedimiento, que en última instancia sirve para aumentar el rendimiento de corriente.

20 Ventajas adicionales de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes así como en la siguiente descripción de las figuras.

A continuación se describen más detalladamente mediante los dibujos algunos ejemplos de realización de la invención:

25 Muestran:

**Figura 1:** un diagrama de flujo para el desarrollo del procedimiento de una forma de realización preferida de la invención;

30 **Figura 2:** una representación general de la estructura de una primera forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

**Figura 3:** una representación general de la estructura de una segunda forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

35 **Figura 4:** una representación general de la estructura de una tercera forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

40 **Figura 5:** una representación general de la estructura de una cuarta forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

**Figura 6:** una representación general de la estructura de una quinta forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

45 **Figura 7:** una representación general de la estructura de una sexta forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

**Figura 8:** una representación general de la estructura de una séptima forma de realización de una instalación de tratamiento de agua residual según la invención;

50 **Figura 9:** una representación gráfica del transcurso de una hidrólisis con vapor de agua corriente; y

**Figura 10:** una representación gráfica similar a la de la figura 9 de una hidrólisis con vaho de un secado por evaporación.

55 En la **figura 1**, para ilustrar la invención, se reproduce un desarrollo del procedimiento en una representación esquematizada y especialmente simplificada. A este respecto se trata de una forma de realización, que también comprende ya algunas etapas de procedimiento no obligatorias, para poder representar el desarrollo aproximado de manera especialmente sencilla.

60 En una primera etapa de procedimiento se suministra lodo de depuradora, que se ha obtenido de agua residual y puede haberse sometido previamente, por ejemplo, a una clarificación previa 0, quizás también a una reactivación y a una clarificación posterior.

65 Puede tratarse de aguas residuales municipales, pero igualmente también de aquellas de instalaciones industriales, por ejemplo, de la industria del azúcar.

El lodo de depuradora de la clarificación previa 0 y posibles etapas adicionales se suministra entonces en forma de lodo en exceso o lodo bruto a una hidrólisis 8. A este respecto, en el reactor de hidrólisis tiene lugar una hidrólisis térmica.

5 La hidrólisis térmica es un procedimiento de tratamiento probado para lodo de depuradora, que está contenido, por ejemplo, en agua residual, y mejora la digestión y deshidratación del mismo. A este respecto, la temperatura de hidrólisis varía desde aproximadamente 100°C hasta aproximadamente 200°C. La energía térmica necesaria para conseguir esta temperatura de hidrólisis se transmite o bien indirectamente a través de intercambiadores de calor o bien como en la forma de realización de la invención directamente por medio de vapor. Para ahorrar energía térmica, el lodo de depuradora puede espesarse antes la hidrólisis. También con la forma de realización representada de la invención se evitan las desventajas de la transmisión de calor indirecta por medio de intercambiadores de calor con respecto a la transmisión de calor directa. Estas desventajas consisten en que en el caso de una transmisión de calor indirecta el espesamiento del lodo de depuradora está limitado a como máximo aproximadamente del 6% al 7% de sustancia seca debido a la viscosidad creciente. Esta limitación se suprime mediante la transmisión de calor directa, porque posibilita grados de espesamiento del lodo de depuradora hasta de aproximadamente el 10% al 15% de sustancia seca.

20 Sin embargo, mediante la forma de realización descrita ya no es necesario utilizar las sustancias de funcionamiento y los componentes adicionales que se oponían hasta la fecha a una transmisión de calor directa, tales como, por ejemplo, generadores de vapor y agua procesada correspondientemente para el funcionamiento sin perturbación de los generadores de vapor. Esto significa que también las especificaciones de seguridad amplias para el funcionamiento de la caldera de vapor, que hasta la fecha hacían parecer una utilización poco ventajosa, simplemente debido a la supresión completa de la caldera de vapor ya no son relevantes.

25 Es decir, es posible aprovechar las ventajas de la técnica de procedimiento del calentamiento de vapor en la hidrólisis térmica de lodo de depuradora y al mismo tiempo evitar las desventajas existentes de sustancias de funcionamiento y componentes adicionales.

30 El lodo hidrolizado se suministra a una digestión 5 o 11 y se digiere allí. El lodo digerido que se genera a este respecto se suministra entonces a una etapa de deshidratación 15. Por ejemplo, se deshidrata allí mecánicamente. El lodo deshidratado mecánicamente de esta manera se peletiza en una etapa de acondicionamiento 32 o se individualiza de otra manera y se suministra en forma de pellets o granulado a través de un conducto 16 a un secador por evaporación 19. Durante el secado por vapor en el secador por evaporación 19 se genera un lodo de depuradora secado, que desde el punto de vista de la energía y la sustancia puede usarse, por ejemplo, en una instalación de monocombustión de lodo de depuradora. Alternativamente, el lodo de depuradora secado también puede procesarse para dar briquetas, que desde el punto de vista de la energía y la sustancia pueden usarse, por ejemplo, en una instalación de fundición.

40 La etapa de acondicionamiento 32 puede disponerse (no representado) alternativamente también dentro del secador por evaporación 19. De ese modo puede conseguirse una alimentación ventajosa del secador por evaporación 19 y evitarse o reducirse las emisiones de olores debido a la gestión de proceso cerrada.

45 En particular, durante el secado por vapor se genera en el secador por vapor 19 un vaho, que se suministra a través de un suministro 20 según la invención al reactor de hidrólisis 8.

Estos componentes adicionales, además del vaho, se evacúan con un sistema de transporte 25.

50 En la **figura 2** se representa una visión general de una primera forma de realización de la invención. A este respecto, un aspecto central son las etapas de procedimiento o los elementos de dispositivo ya representados también en la figura 1. El agua residual se somete en primer lugar a una clarificación previa 0, entonces a una reactivación 1 y a continuación a una clarificación posterior 2. Por medio de una bomba 3 y un transmisor de calor 4 todavía presente en este caso para un calentamiento se suministra una parte del agua residual clarificado previamente a un primer digestor 5 y tras haberse llevado a cabo la digestión se pasa a un equipo de deshidratación 6 para lodo primario. El metano que se genera en la primera torre de digestión 5 se suministra a una planta de cogeneración 23.

55 Sin embargo es más interesante un segundo camino, que toma en este caso el lodo de depuradora tras la clarificación posterior 2. Se trata a este respecto del lodo en exceso, que se suministra a un equipo de deshidratación previa 7 y se pasa desde allí a un reactor de hidrólisis 8. Este reactor de hidrólisis 8 es uno de los elementos centrales de la invención.

60 Se indica además un camino O, que representa *overplus* o exceso guiado de vuelta y la parte no suministrada al equipo de deshidratación previa 7 del lodo en exceso guiado de vuelta a la reactivación 1.

65 Se ve en particular un suministro 20 de línea discontinua que guía al reactor de hidrólisis 8, que se explicará más adelante todavía adicionalmente.

Desde el reactor de hidrólisis 8, tras pasar por un transmisor de calor 9 para el enfriamiento, el lodo de depuradora se suministra a una segunda torre de digestión 11. En esta se digiere el lodo de depuradora hidrolizado. El metano que se genera se suministra a través de un conducto adicional 13, que está representado en línea discontinua, igualmente a la planta de cogeneración 23.

5 El lodo de depuradora digerido de la torre de digestión 11 pasa entonces a una instalación MAP 12 (instalación de magnesio-amonio-fosfato) y desde allí a través de un conducto 14 a un equipo de deshidratación posterior 15 para el lodo en exceso.

10 El líquido centrifugado del lodo en exceso hidrolizado se guía desde el equipo de deshidratación posterior 15 a través de un conducto a la instalación de separación 17 y se trata allí adicionalmente. El lodo deshidratado del equipo de deshidratación posterior 15 se suministra a través de un conducto 16 en un secador 19. En este modo se trata ya de lodo de depuradora seco con aproximadamente el 30% de sustancia seca.

15 El secador 19 es un secador por vapor o secador por evaporación, en particular un secador de capa turbulenta.

El vapor que se genera en el mismo se extrae y en particular, tal como ya se mencionó anteriormente, se aprovecha para ser suministrado directamente al reactor de hidrólisis 8 y al lodo de depuradora que se encuentra en el mismo. A este respecto, el vapor, el denominado vaho, en el suministro 20 está a presión o se compacta correspondientemente y presenta una alta temperatura, que puede aprovecharse directamente para la hidrólisis térmica en el reactor de hidrólisis 8. A este respecto, el vapor del suministro 20 se condensa en el reactor de hidrólisis 8 y las sustancias contenidas en el mismo pueden usarse conjuntamente en las etapas que siguen a continuación, tal como, por ejemplo, la digestión en la torre de digestión 11. Es decir, prácticamente no queda ningún resto no utilizable.

20 Partes del vapor o vaho en el suministro 20 pueden aprovecharse también para otros propósitos, por ejemplo, mediante un suministro al transmisor de calor 4 o al transmisor de calor 9, donde se aprovechan igualmente para la transmisión de la energía contenida en el mismo.

Igualmente, una parte del vaho puede suministrarse también a un separador 17. El separador 17 contiene además los componentes que contienen amoniaco del equipo de deshidratación posterior 15 y emite tras la separación amoniaco, que puede acumularse como sustancia reciclable.

También el lodo deshidratado mecánicamente del primer equipo de deshidratación 6 para lodo primario puede suministrarse al secador por evaporación 19, lo que se simboliza en este caso mediante un conducto de alimentación adicional 18.

30 La planta de cogeneración 23 puede aprovecharse con su calor de escape a través de un conducto 21 para poner a disposición del secador por evaporación 19 una parte de la energía necesaria en el mismo. A la inversa, el secador por evaporación 19 puede suministrar la cantidad de aceite térmico o vapor de calentamiento en exceso que se genere en el mismo a través de un conducto 22 a la planta de cogeneración 23. Complementaria o alternativamente, el secador por evaporación 19 puede emitir una parte del vaho a una microturbina o turbina pequeña 30 para la generación de corriente. Esta energía o potencia P emitida puede extraerse del procedimiento o también guiarse de vuelta de nuevo y aprovecharse de manera razonable en otro punto.

45 El gas de digestión de los dos digestores 5 y 11 se suministra a través de un conducto 13 a la planta de cogeneración 23.

La planta de cogeneración 23 aporta además calor de escape adicional 26 para su uso adicional en otro punto del procedimiento o también para su aprovechamiento fuera del procedimiento. Esto se indica mediante el signo de referencia H. Además se emite potencia eléctrica P a través de un conducto 28.

Finalmente abandonan el secador por vapor 19 las sustancias secadas en el mismo como lodo de depuradora seco con un 90% de sustancia seca a través de un sistema de transporte 25.

55 En una segunda forma de realización representada en la **figura 3** se llevan a cabo algunas modificaciones en la primera forma de realización. Así, en este caso tiene lugar una digestión común de lodo en exceso y lodo primario, de modo que se suprimen la segunda torre de digestión 11 y la separación 17. Sin embargo, a cambio hay una hidrólisis separada 8 y precipitación MAP 12 del lodo en exceso.

60 También en esta forma de realización está previsto un secador de capa turbulenta como secador por vapor 19. De ese modo se hace posible una capacidad de aprovechamiento del vaho a través del suministro 20 en la hidrólisis 8.

A las ventajas de esta forma de realización pertenecen la producción de combustible derivado de desperdicios de lignito en forma de lodo de depuradora con un contenido de sustancia seca del 90% en lugar del 30% convencional sin la utilización de energía fósil adicional y el aprovechamiento del calor de escape de la planta de cogeneración 23 en el secador 19 por medio de aceite térmico 22 de manera similar a en la primera forma de realización.

En la **figura 4** se representa una tercera forma de realización. En este caso se ha añadido a su vez una separación 17. De ese modo puede aprovecharse el vaho del secador de capa turbulenta o secador por vapor 19 a través del suministro 20 adicionalmente en la separación 17.

La separación 17 prevista es no solo un tratamiento de agua de proceso, en el que se trata agua de lodo de una etapa de deshidratación, sino también al mismo tiempo un procesamiento del condensado de vaho. De ese modo se generan ventajas con respecto a otros procedimientos de secado, en los que se hace necesario un procesamiento adicional del condensado.

Esto tiene en cuenta también que el vaho contiene grandes partes de amonio. Esto es válido también para formas de realización adicionales, que se encuentran a continuación o más arriba.

Además de la segunda forma de realización se genera un disipador de calor adicional para el secador 19 y la producción de una sustancia reciclable adicional en forma del agua amoniacal fuerte  $\text{NH}_3$ .

En la **figura 5** se reproduce una cuarta forma de realización. A diferencia de en la segunda forma de realización, en este caso tienen lugar una deshidratación previa común 7, una hidrólisis 8, una precipitación MAP 12, una digestión 5, una deshidratación posterior 15 y una separación 17 de la salida de la deshidratación posterior 15.

En la **figura 6** se representa una quinta forma de realización. Además de la cuarta forma de realización tiene lugar un calentamiento parcial del lodo primario o bruto por vaho en exceso del secado 19, que se suministra por medio del suministro 20.

Como ventaja se registra en particular una clara mejora de la capacidad de deshidratación y también caudales pequeños.

En la **figura 7** se ve una sexta forma de realización de la invención. En este caso se trata de un modo de proceder claramente reducido y con ello económico, que sin embargo pone a cambio un modo de proceder adicional distinto en el foco. A este respecto, la precipitación MAP 12 puede tener lugar antes o después de la deshidratación 15. En esta forma de realización se prescinde completamente de digestores 5, 11 y la producción de biogás o gas de combustión junto con el conducto 24 asociado.

En lugar de esto tiene lugar una monocombustión 27 por medio de gasificación en estado fundido en un horno de cuba metalúrgico a  $2000^\circ\text{C}$  para la producción de escoria rica en fósforo (16,4% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) como sustancia reciclable adicional 29. De esta manera puede obtenerse abono fosforado biodisponible  $\text{P}_2\text{O}_5$ , que está libre de metales pesados y uranio. Tiene lugar una combustión posterior del gas de horno rico en poder calorífico para la generación de energía eléctrica y calor. Esto es también una ventaja con respecto a las formas de realización de las figuras 2 a 6, puesto que puede obtenerse una sustancia reciclable demandada adicional, tal como se perseguiría también en los procedimientos legislativos que pueden esperarse en el futuro.

No se produce ningún lodo de depuradora, sino que se obtiene energía y calor, lo que conduce a a costes de transporte reducidos. El lodo de depuradora se quema en la ubicación de la instalación de tratamiento de agua residual y sirve por consiguiente como fuente de calor y de energía para el secado y todo el proceso de tratamiento de agua residual. Además puede aprovecharse también como fuente de calor y de energía para consumidores externos de energía eléctrica y térmica. En la combustión se produce más energía que la que puede consumirse en la instalación de agua residual.

Se produce calor adicional para calefacción a distancia, evaporación o calentamiento y se genera una gestión de proceso muy simplificada con utilización reducida de agentes auxiliares de precipitación, tales como, por ejemplo, polímeros.

Dado que se suprimen los digestores, a pesar de las posibilidades adicionales se reducen los costes de inversión.

El carbono contenido en el agua residual puede aprovecharse completamente mediante la combustión sin producción previa de  $\text{CO}_2$  en la digestión.

En la **figura 8** se representa finalmente una séptima forma de realización, esta se diferencia de la sexta forma de realización por la supresión de una deshidratación separada 6.

El calor producido adicionalmente se suministra a una instalación de procesamiento de agua destilativa 31. Allí se emite agua procesada W.

En la **figura 9** se representa esquemáticamente un resultado de ensayo. Hacia la derecha está representado el tiempo t en días d, hacia arriba la ganancia de gas G en litros estándar por kilogramo de residuo seco orgánico, abreviado NL/kg oTR. Se representa una evolución temporal de la ganancia de gas G de lodo hidrolizado en el caso de una

hidrólisis con vapor de agua corriente, es decir no según el modo de proceder según la invención. Se representan tres curvas, concretamente como curva superior la ganancia de biogás, como curva central la ganancia de metano y como curva inferior la ganancia de dióxido de carbono, en cada caso con el mismo tamaño.

5 En comparación, en la **figura 10** se representa en una forma muy similar la evolución temporal de la ganancia de gas de lodo hidrolizado en el caso de una hidrólisis con vaho de secado por evaporación según un modo de proceder según la invención.

10 También en este caso se representa hacia la derecha el tiempo  $t$  en días  $d$  y hacia arriba la ganancia de gas  $G$  en litros estándar por kilogramo de residuo seco orgánico, abreviado NL/kg oTR. Como curva superior se representa la ganancia de biogás, como curva central la ganancia de metano y como curva inferior la ganancia de dióxido de carbono.

15 Las diferentes curvas en las figuras 9 y 10 se refieren a un ensayo comparativo con un lodo en exceso de una depuradora municipal. En estos ensayos comparativos se han seleccionado iguales todas las condiciones de proceso, es decir entre otras la temperatura, la duración de la hidrólisis, la propiedad de la muestra de lodo, la cantidad de condensado o la cantidad de vapor de agua. Para la hidrólisis, a una muestra parcial de lodo se le añadió condensado/vaho del secado por vapor y a otra muestra parcial de lodo se le añadió agua corriente o vapor limpios. Con las muestras parciales de lodo hidrolizadas tuvo lugar en cada caso una digestión estándar en ensayos de  
20 fermentación por lotes según la directriz pertinente para ello por medio de una determinación triple.

25 La comparación de los resultados en las figuras 9 y 10 muestra ahora, gracias a la producción de gas y de metano específica medida, que la muestra de lodo hidrolizada con vaho en la figura 10 proporciona de manera sustancialmente más rápida más gas o más metano. En el caso de una duración de digestión de aproximadamente 7 días se genera, por ejemplo, aproximadamente un 15% más de gas y metano. La muestra de lodo hidrolizada convencional con vapor de agua corriente necesita para la misma cantidad de gas aproximadamente de 5 a 7 días más, es decir para una digestión de lodo hidrolizado con vaho el digestor en el presente ejemplo puede estar diseñado aproximadamente de un 40 a un 50% más pequeño. Estas son ventajas económicas considerables, que sorprenden al experto en la técnica.

30 Análisis adicionales para la liberación de compuestos orgánicos disueltos confirman los resultados mencionados anteriormente. Así se muestra, por ejemplo, gracias a muestras de hidrolizado, que la hidrólisis con vaho conduce a un grado de disgregación aproximadamente un 9% mayor.

#### Lista de signos de referencia

- 35
0. clarificación previa
  1. reactivación
  2. clarificación posterior
  3. bomba

40

  4. transmisor de calor, calentamiento
  5. digestor
  6. equipo de deshidratación, lodo primario
  7. equipo de deshidratación previa, lodo en exceso
  8. reactor de hidrólisis

45

  9. transmisor de calor, enfriamiento
  10. conducto (carga retroactiva del tratamiento de agua residual orgánico)
  11. digestor
  12. instalación MAP
  13. conducto (gas de digestión  $\text{CH}_4$ )

50

  14. conducto (lodo digerido hidrolizado o lodo bruto)
  15. etapa de deshidratación
  16. conducto (líquido centrifugado, lodo en exceso hidrolizado)
  17. separación
  18. conducto (líquido centrifugado, lodo primario)

55

  19. secador por evaporación
  20. suministro
  21. conducto (calor de escape BHKW)
  22. conducto (aceite térmico/vapor de calentamiento)
  23. planta de cogeneración (BHKW)

60

  24. conducto (gas de combustión)
  25. sistema de transporte (KS 90)
  26. calor de escape adicional BHKW
  27. monocombustión
  28. corriente

65

  29. sistema de transporte (escoria de fósforo)
  30. microturbina o turbina pequeña

## ES 2 914 675 T3

- 31. instalación de procesamiento de agua destilativa
- 32. etapa de acondicionamiento

5	O, ÜS	exceso
	H	calor de escape
	P	potencia, en particular potencia eléctrica (generación de corriente)
	W	agua
	G	ganancia de gas en litros estándar por kilogramo de residuo seco orgánico, también NL/kg oTR
10	D	días
	T	tiempo

KS30 = lodo de depuradora seco con aproximadamente el 30% de contenido de sustancia seca

KS90 = lodo de depuradora seco con aproximadamente el 90% de contenido de sustancia seca

15	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	abono fosforado
	CO, H <sub>2</sub>	gas de combustión
	CH <sub>4</sub>	metano
	NH <sub>3</sub>	amoniac

20	□	ganancia de biogás
	•	ganancia de metano
	Δ	ganancia de dióxido de carbono

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual,

5 en el que al menos partes del lodo de depuradora contenido en el agua residual (0) se someten a una hidrólisis (8),  
en el que la hidrólisis (8) se realiza como hidrólisis térmica, en el que tras la etapa de la hidrólisis (8) tiene lugar un  
secado (19),

10 **caracterizado**

**porque** el lodo de depuradora se suministra tras la hidrólisis (8) a un equipo de deshidratación posterior (15),

15 **porque** el lodo de depuradora deshidratado se suministra desde el equipo de deshidratación posterior (15) con  
aproximadamente el 30% de sustancia seca a través de un conducto (16) al secado,

**porque** el secado (19) es un secado que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor, y

20 **porque** al menos partes del vapor que se genera durante el secado (19) que trabaja con sobrepresión en el rango  
de vapor se suministran (20) a las partes del lodo de depuradora en la hidrólisis térmica (8).

2.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 1,

**caracterizado**

25 **porque** el secado (19) con sobrepresión en el rango de vapor es un secado en capa turbulenta, y  
**porque** durante el secado (19) las sustancias contenidas que se generan mediante el secado en capa turbulenta  
se suministran con el vapor a las partes del lodo de depuradora en la hidrólisis térmica (8).

30 3.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 1 o 2,

**caracterizado**

35 **porque** con las partes del lodo de depuradora sometidas a la hidrólisis térmica (8) se lleva a cabo a continuación una  
digestión (5, 11).

4.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 3,

40 **caracterizado**

**porque** entre la etapa de la digestión (5, 11) y la del secado (19) en el equipo de deshidratación posterior (15) tiene  
lugar una deshidratación mecánica del lodo de depuradora sometido a la digestión.

45 5.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado**

**porque** se lleva a cabo una digestión separada (5, 11) de por un lado lodo de depuradora hidrolizado y por otro lado  
lodo de depuradora del agua residual.

50 6.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado**

**porque** está previsto un tratamiento de agua residual sin digestión (5, 11), y

55 **porque** el lodo de depuradora secado se suministra a una monocombustión y los gases de horno ricos en poder  
calorífico que se generan se aprovechan en una combustión posterior para la generación de vapor para un secado  
a alta temperatura.

7.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 3 a 5,

60 **caracterizado**

**porque** una parte del vapor que se genera durante el secado (19) se utiliza para una separación por vapor de amoniaco  
a partir del agua separada del lodo de depuradora hidrolizado y digerido.

65 8.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado**

5 **porque** una parte del vapor que se genera durante el secado (19) se utiliza para la deshidratación mecánica de lodo de depuradora y/o para el funcionamiento de microturbinas o turbinas pequeñas y/o para la concentración de agua salina.

9.- Procedimiento para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones anteriores,

**caracterizado**

10 **porque** a partir del agua de lodo retirada durante la deshidratación o del lodo de depuradora suministrado a la deshidratación se lleva a cabo una recuperación de fósforo.

15 10.- Disposición para el tratamiento de agua residual,

con un dispositivo de hidrólisis (8) para el tratamiento por hidrólisis de lodo de depuradora, y

con un secador (19) para el secado de lodo de depuradora,

**caracterizada**

20 **porque** está previsto un equipo de deshidratación posterior (15), que está conectado al dispositivo de hidrólisis (8),

25 **porque** el equipo de deshidratación posterior (15) está unido a través de un conducto (16) con el secador (19),

**porque** el lodo de depuradora suministrado a través del conducto (16) presenta aproximadamente el 30% de sustancia seca,

30 **porque** el secador (19) es un secador que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor,

**porque** está previsto un dispositivo de suministro (20) para el suministro del vapor que se genera en el secador (19) que trabaja con sobrepresión en el rango de vapor al dispositivo de hidrólisis (8), y

35 **porque** el dispositivo de hidrólisis (8) está construido de modo que lleva a cabo un mezclado del vapor suministrado con el lodo de depuradora.

11.- Disposición para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 10,

**caracterizada**

40 **porque** el secador (19) es un secador de capa turbulenta, y

45 **porque** durante el secado (19) las sustancias contenidas que se generan mediante el secado en capa turbulenta se suministran con el vapor a las partes del lodo de depuradora en la hidrólisis térmica (8).

12.- Disposición para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 10 u 11,

**caracterizada**

50 **porque** está previsto al menos un digestor (5, 11), por ejemplo, una torre de digestión, que está conectado indirecta o directamente al dispositivo de hidrólisis (8).

13.- Disposición para el tratamiento de agua residual según la reivindicación 12,

**caracterizada**

55 **porque** el equipo de deshidratación posterior (15) está unido indirecta o directamente con el o los digestores (5, 11).

60 14.- Disposición para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizada**

**porque** están previstos al menos dos digestores (5, 11), de los que un digestor (5) está previsto para el lodo en exceso del dispositivo de hidrólisis (8) y otro digestor (11) está previsto para lodo primario del lodo de depuradora contenido en el agua residual (0).

65 15.- Disposición para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizada**

5 **porque** está previsto un tratamiento de agua residual sin digestores (5, 11) y **porque** el lodo de depuradora secado se suministra a una instalación de combustión, en particular a una instalación de monocombustión o a una instalación de combustión de desechos, o a una instalación de vitrificación en estado fundido y los gases de horno ricos en poder calorífico que se generan se aprovechan en una combustión posterior para la generación de vapor para un secado a alta temperatura y/o generación de corriente.

16.- Disposición según una de las reivindicaciones 10 a 15,

10 **caracterizada**

**porque** está prevista una separación (17) de amoníaco, que está conectada al secador (19).

15 17.- Disposición para el tratamiento de agua residual según una de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizada**

**porque** está prevista una etapa de recuperación de fósforo.

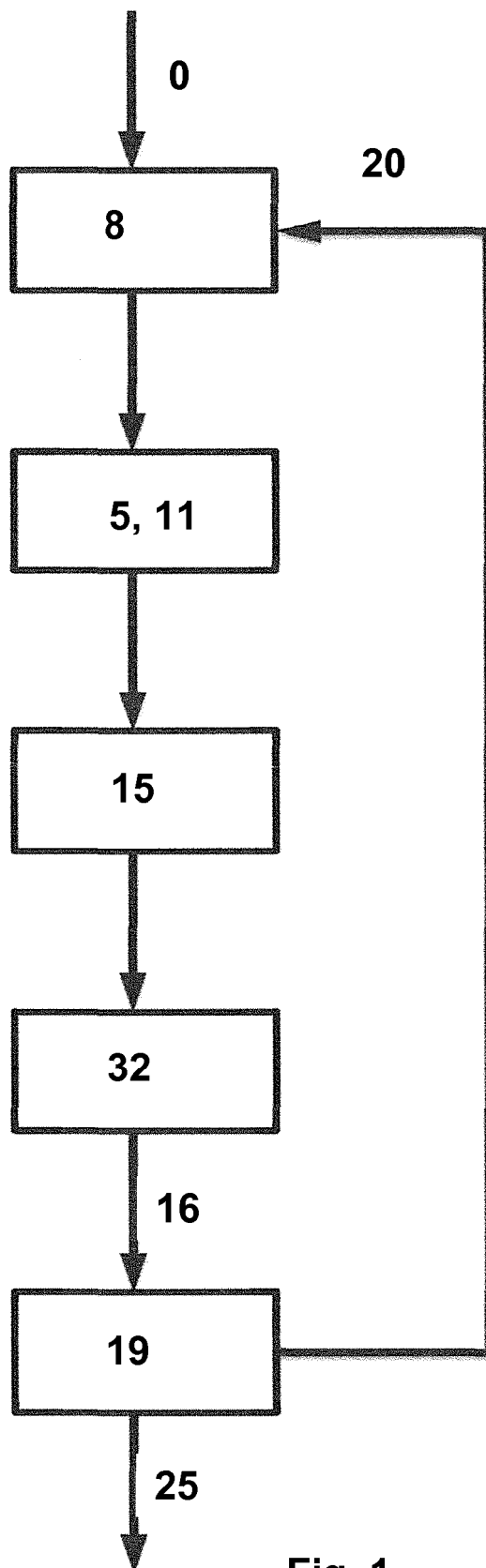


Fig. 1

1

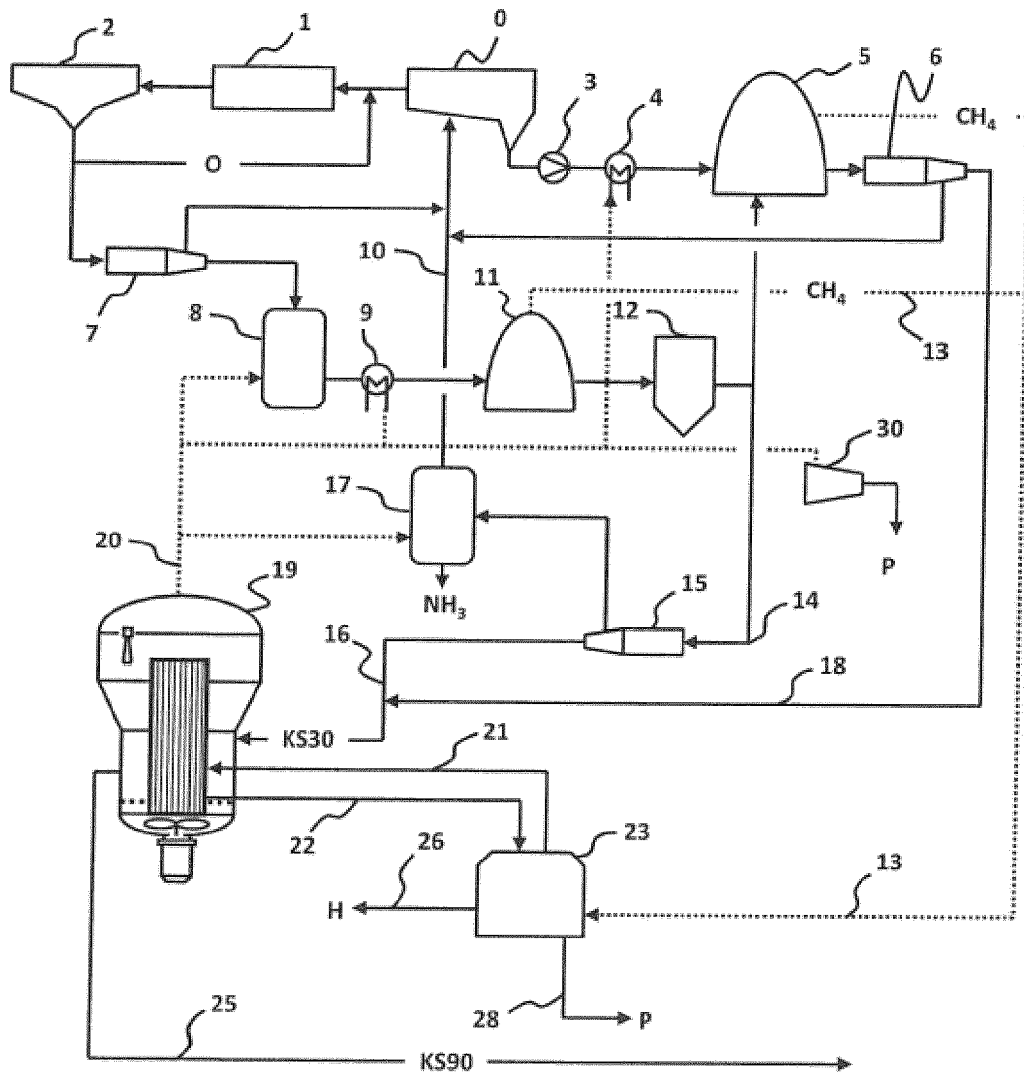


Fig. 2



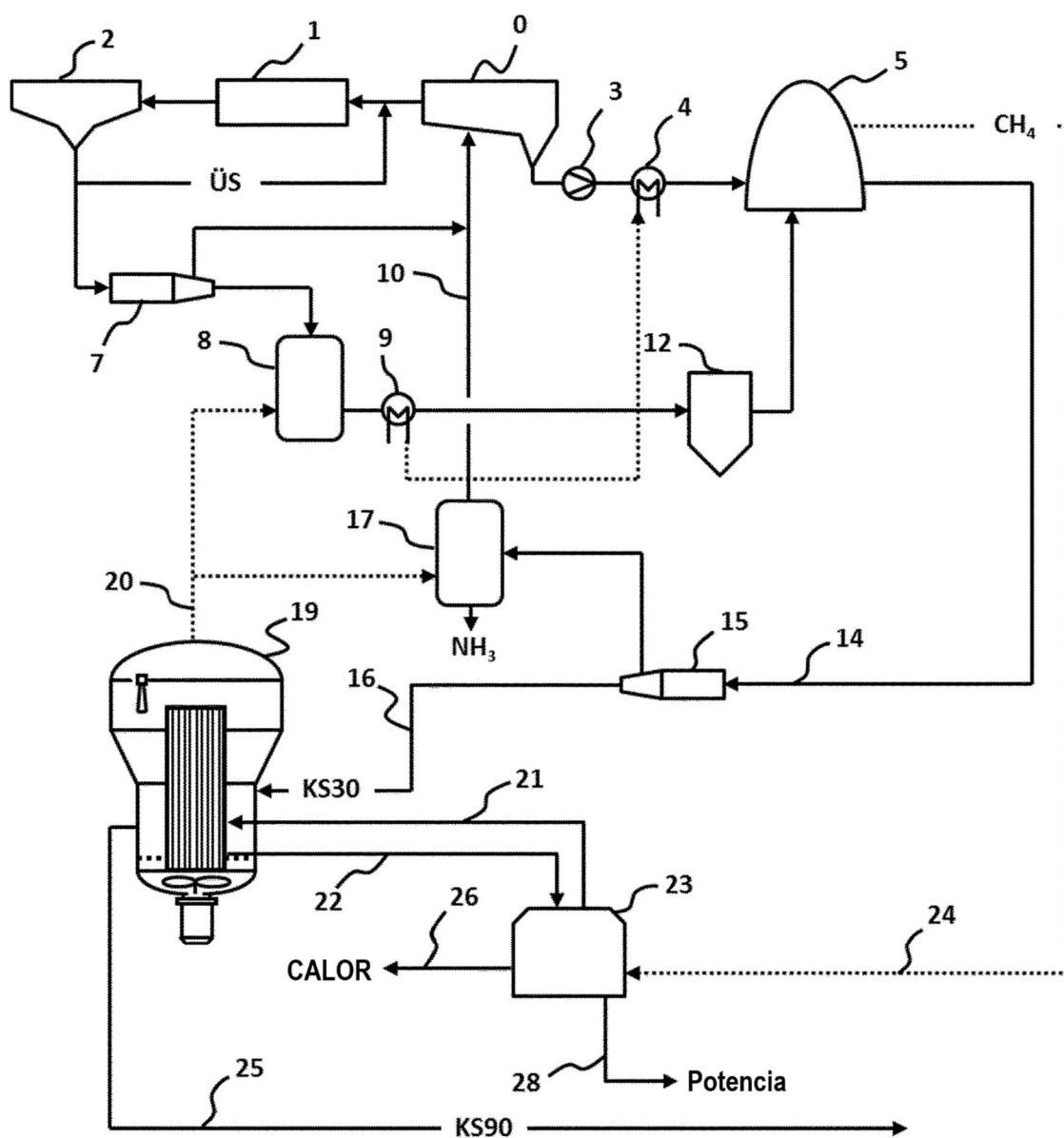


Fig. 4

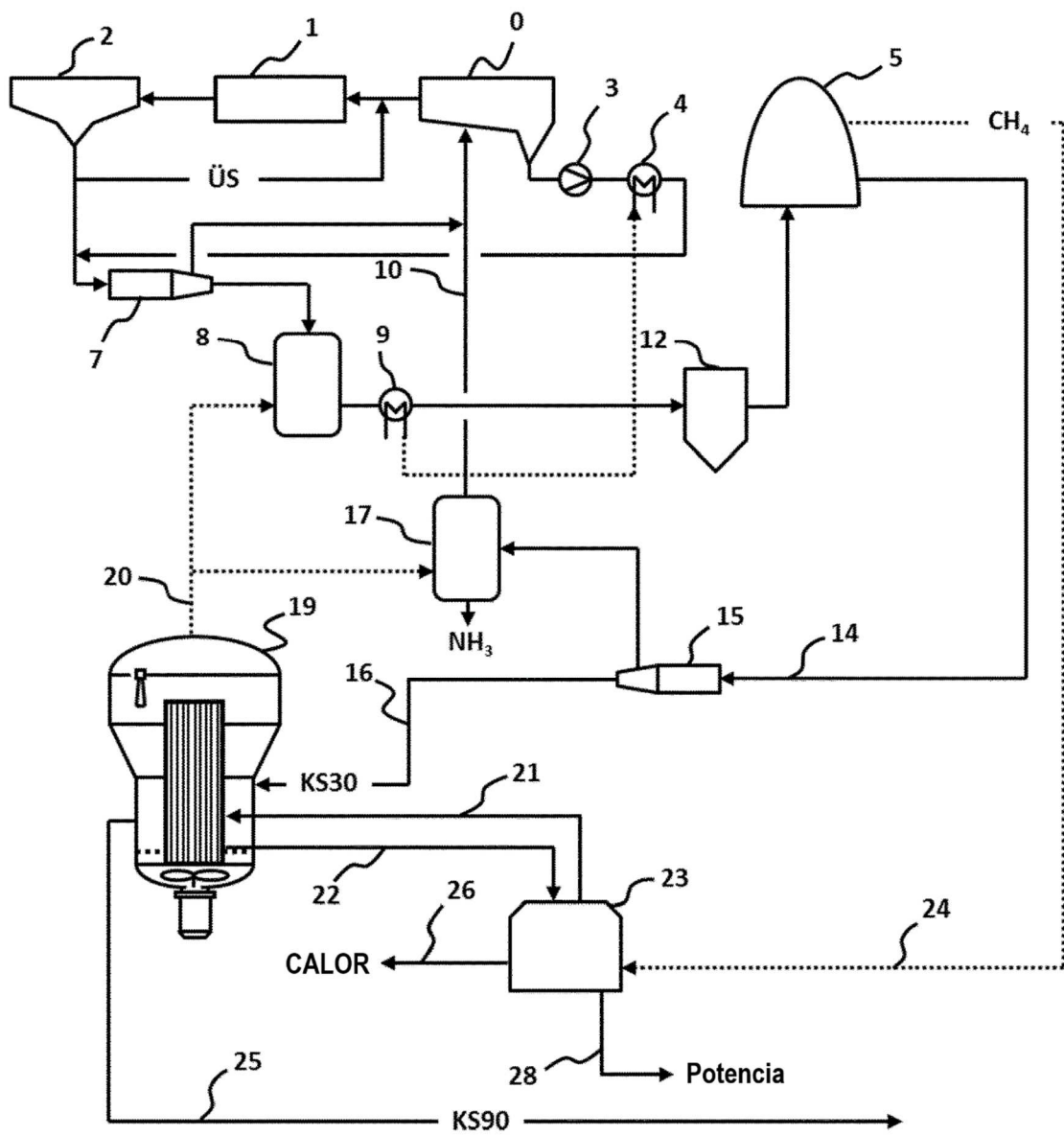


Fig. 5

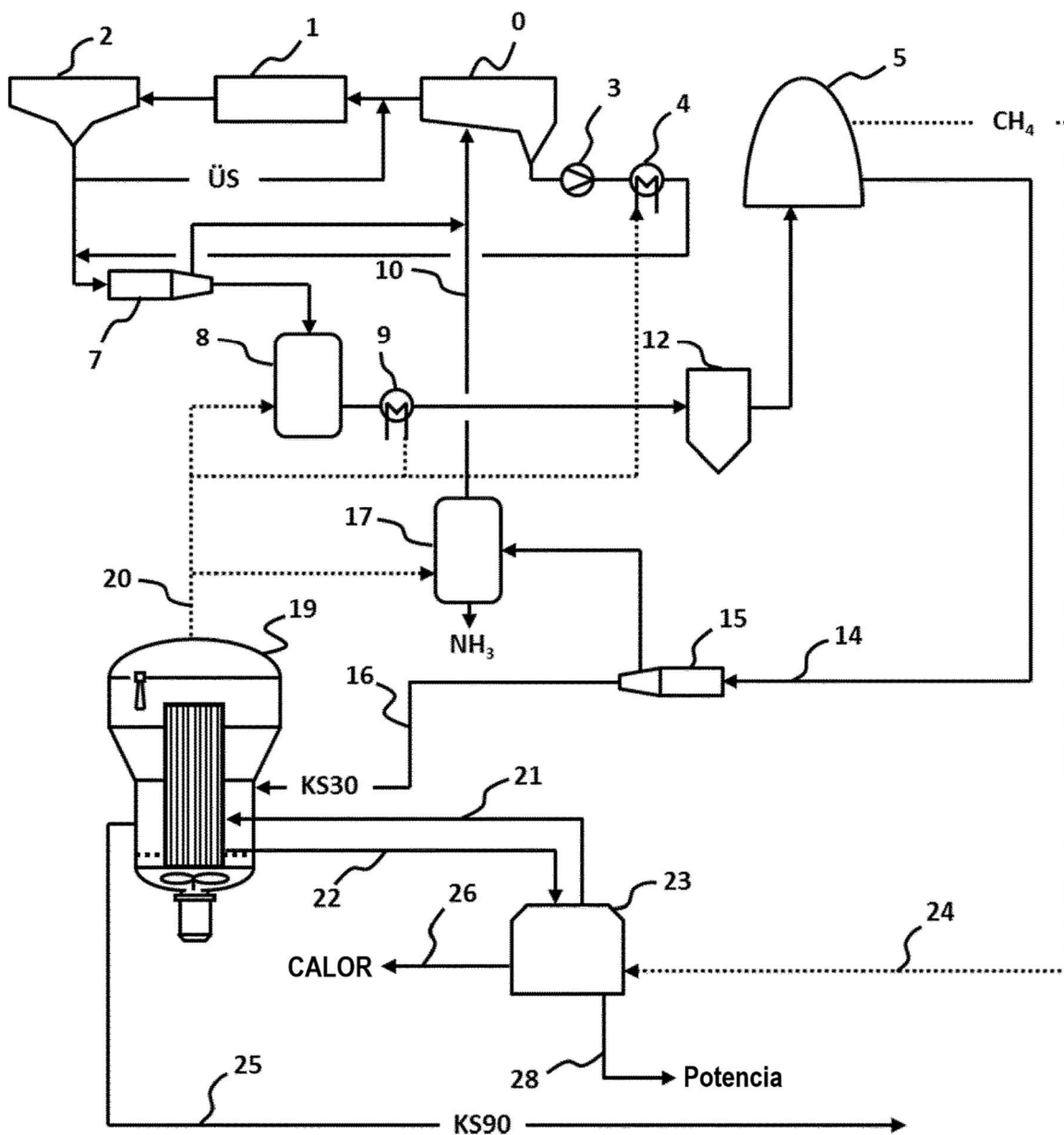


Fig. 6

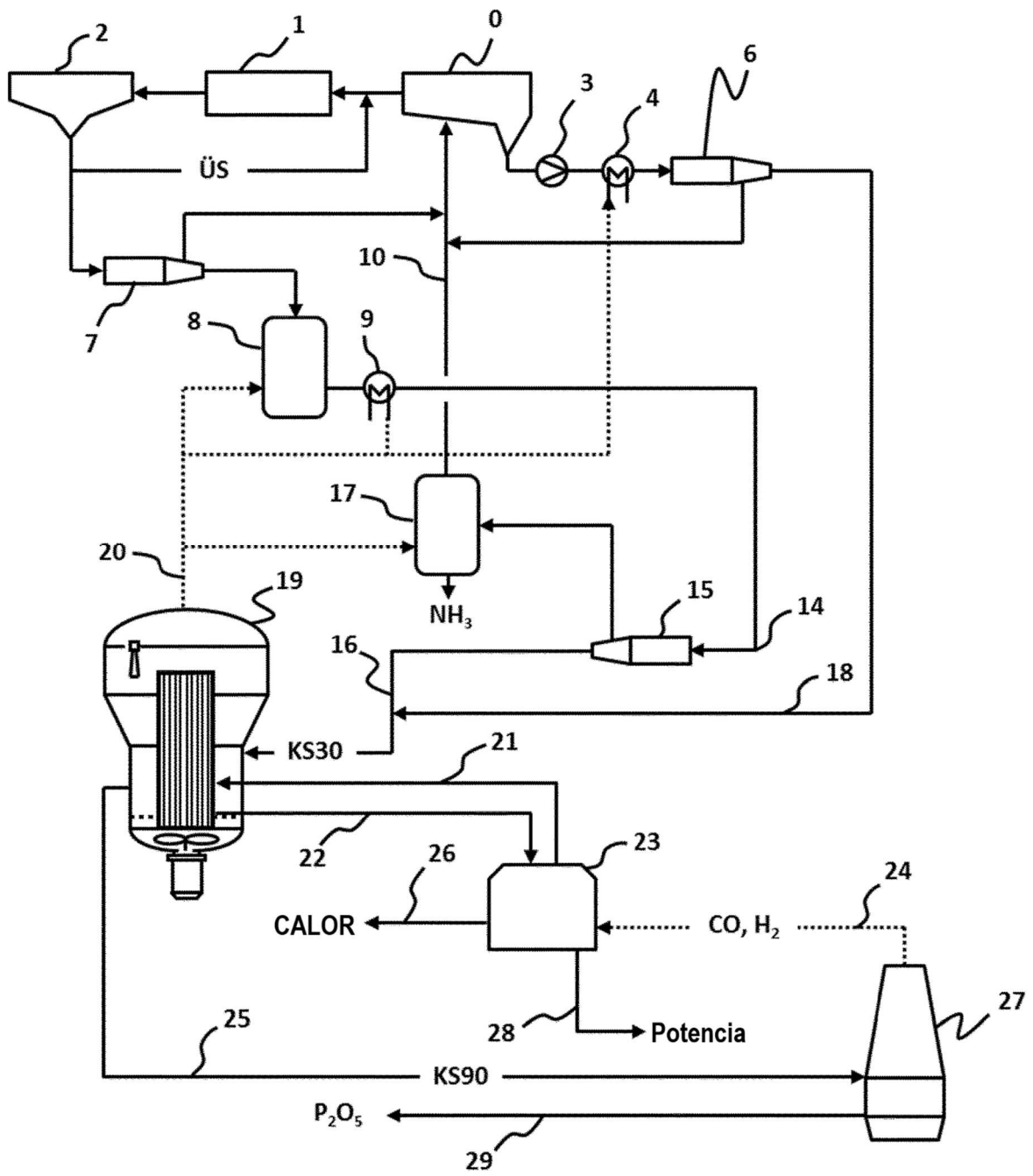


Fig. 7

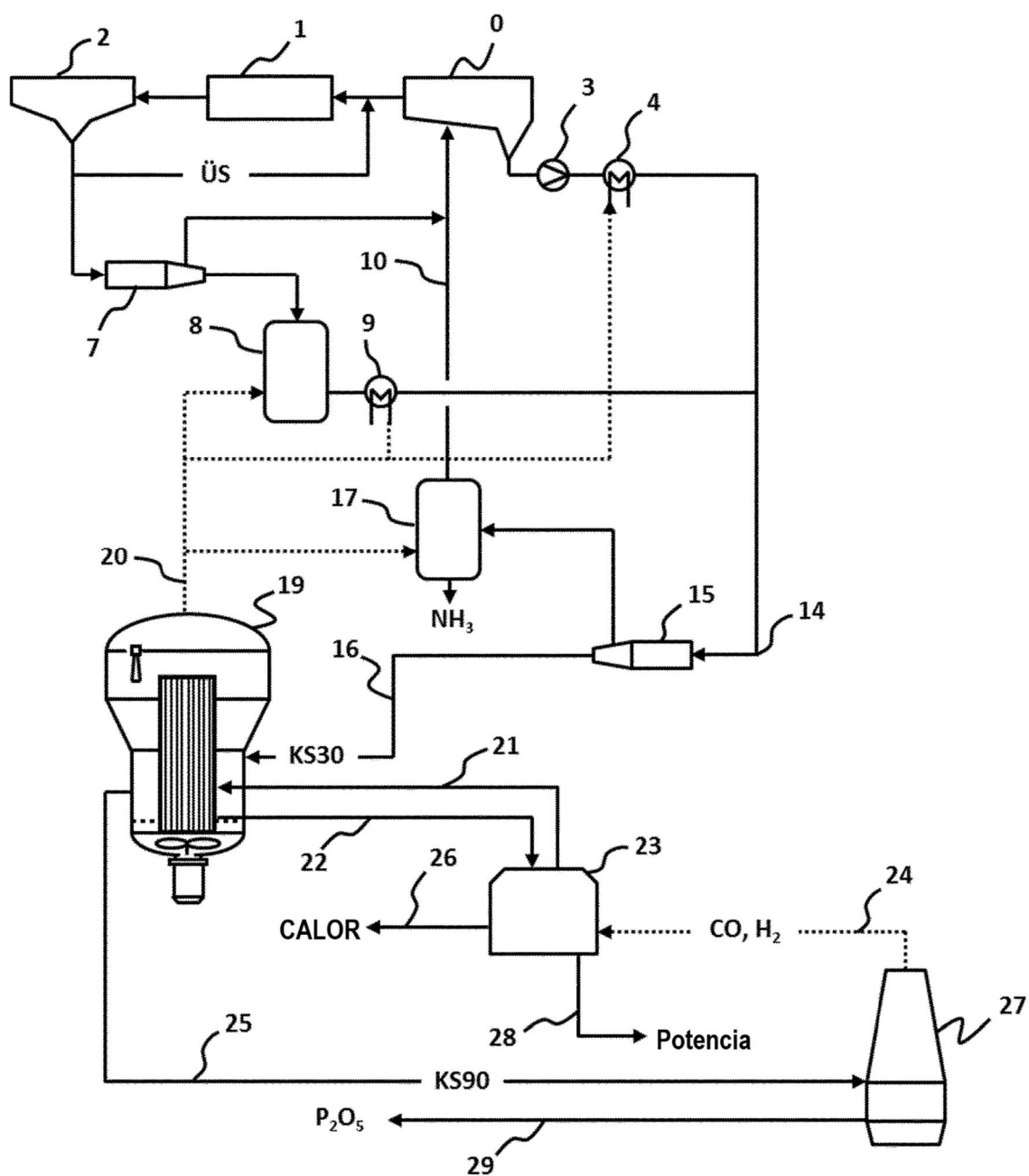


Fig. 8

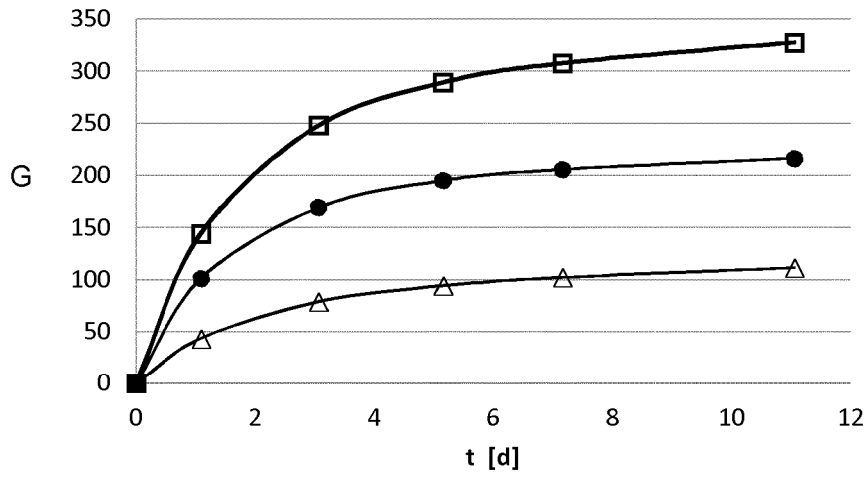


Fig. 9

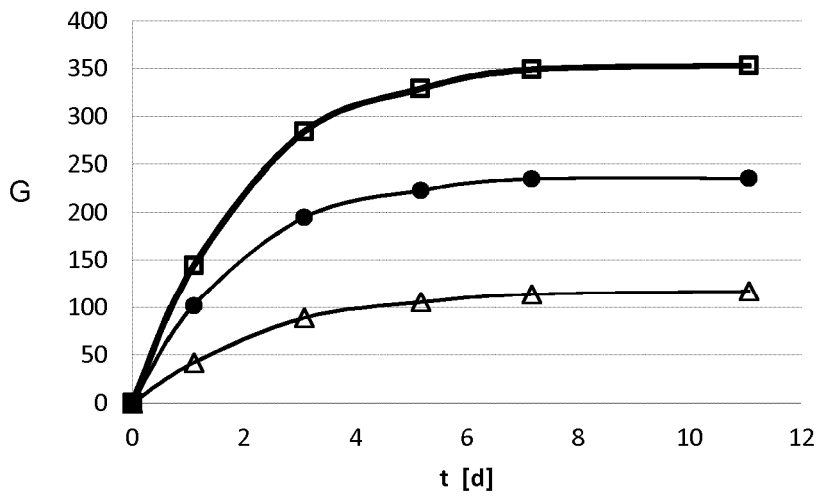


Fig. 10