

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 038**

51 Int. Cl.:  
**C02F 11/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04735224 .0**  
96 Fecha de presentación: **28.05.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1648833**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.04.2006**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE LODO ACUOSO.**

30 Prioridad:  
**22.07.2003 DE 10333478**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.01.2012**

73 Titular/es:  
**ASHLAND LICENSING AND INTELLECTUAL  
PROPERTY LLC  
5200 BLAZER PARKWAY  
DUBLIN, OH 43017, US y  
DETLEF HEGEMANN GMBH & CO. KG**

72 Inventor/es:  
**BUDDENBERG, Thorsten;  
HERRMANN, Holger;  
PAWEL, Hartmut;  
SCHROERS, Otto;  
HÖPPNER, Wolfgang y  
HARTMANN, Volker**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 373 038 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 el tratamiento de lodo acuoso

5 La presente invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1.

10 Con la corriente de los ríos se transportan continuamente aguas abajo sedimentos inorgánicos y orgánicos. Estos sedimentos se depositan en los ríos y puertos. En el documento GB 1.116.290 se propone descargar disoluciones poliméricas en capas profundas de estos sedimentos y de esta manera inducir procesos de floculación, que en conjunto conducen a un aflojamiento de las sedimentaciones y a su evacuación natural por corrientes de agua. Como polímeros se mencionan, entre otros, poli(ácido acrílico) y poliacrilamida. Los copolímeros contienen al menos el 50 % en moles de ácido acrílico o ácido metacrílico. Además se describen como adecuados también polímeros catiónicos.

15 Hoy en día es sin embargo habitual eliminar estos sedimentos del agua mediante dragados. Con frecuencia, los sedimentos contienen componentes que perjudican al medio ambiente en forma de, por ejemplo, iones de metales pesados unidos en complejos o sustancias nocivas orgánicas, que ya no permiten un vertido al mar empleado frecuentemente con anterioridad en zonas más profundas de las aguas y que hacen necesario un almacenamiento definitivo en la tierra compatible con el medio ambiente.

20 Para posibilitar un almacenamiento definitivo reglamentario, los sedimentos, que según su origen pueden contener hasta el 20 % en peso de porcentajes orgánicos, deben tratarse de manera correspondiente. Según los procedimientos realizados actualmente en la práctica, los lodos de sedimento dragados se transportan en gabarras hasta las instalaciones previstas para el tratamiento de lodos y se descargan a través de tuberías con velocidades de desde 1000 hasta 6000 m<sup>3</sup>/h en zonas de extracción del agua correspondientes. La extracción del agua de los lodos tiene lugar en el transcurso de la sedimentación mediante percolación en drenajes, mediante derrame del agua sobrenadante que se forma durante la sedimentación y mediante secado natural. Tras alcanzar una consistencia semisólida se continua el secado del lodo mediante redistribución mecánica en varias veces (documento DE 197 26 899 A1, Heinrich Girdes GmbH, 1998).

30 La entrada de humedad adicional debida a exposiciones atmosféricas conduce a una nueva penetración de humedad en los lodos y por tanto a un retardo del proceso de secado. Según la ubicación la entrada de lluvias puede anular el secado por evaporación hasta más de 8 meses al año. Todo el proceso del tratamiento de lodos necesita hasta un año y puede prolongarse por mayores porcentajes de fracciones de lodo finamente divididas de desde 0,06 mm e inferiores claramente hasta 18 meses, cuyas sedimentaciones para el agua forman capas de sedimento casi impenetrables y bloquean una percolación a través de dispositivos de drenaje. (Véase también Prof. Fritz Gehbauer, Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb, Universität Fridericiana, imb Veröffentlichung, Reihe V/Heft 20, Nassbaggetechnik, Cap. 3.2. Definiciones, página 29) Debido a la menor densidad de los lodos finamente divididos, los estanques de extracción de agua, con el mismo llenado, presentan menos sustancia seca, es decir el caudal de lodo está reducido con respecto a lodos gruesos. Para obtener una resistencia al corte por paletas suficiente, que es necesaria para el tratamiento posterior de los lodos secados, el lodo finamente dividido debe secarse hasta un contenido en agua del 60 % en peso, mientras que el lodo grueso satisface los requisitos de resistencia ya a del 65 al 70 % en peso.

45 En el documento US 3.312.070 (Dailchi Kogyo Seiyaku Kabushiki Kaisha, 1967) se propone el uso de adyuvantes tensioactivos que actúan por coagulación en la obtención de lodos, que sin estos adyuvantes tienden a la separación de los finos y los gruesos. Como consecuencia de ello resultan diferentes propiedades de materiales de los lodos recuperados. A modo de ejemplo, en el documento de patente, se usan, entre otros productos de reacción de acrilamida y carboximetilcelulosa, poliacrilamida, poli(alcohol vinílico), mezclas de poliacrilamida con resinas de anilina-urea-formaldehído y poliacrilamida sulfometilada. Los adyuvantes se dosifican en el conducto de alimentación de los lodos hasta el estanque de sedimentación.

50 En el documento EP 346 159 A1 (Aoki Corp., 1989) se expone que el procedimiento de la extracción de agua de lodos convencional, en el que las partículas de lodo cargadas negativamente se tratan con sales catiónicas o polímeros catiónicos, no es ventajoso en cuanto a la eficacia de floculación y los costes. Alternativamente se propone la adición sucesiva de un agente de coagulación aniónico y un agente de coagulación polimérico catiónico y opcionalmente de un agente de floculación aniónico adicional para la extracción del agua de lodos. Debido a hechos prácticos, según los cuales los agentes de floculación se añaden a la rápida corriente del lodo acuoso antes de la entrada en el estanque de sedimentación de lodos, está determinada la dosificación sincronizada entre sí necesaria de dos o de tres agentes de floculación distintos y su interacción para la formación de flóculos de lodo que sedimentan.

60 Del documento EP 0 500 199 B1 (Detlef Hegemann GmbH&Co., 1996) puede extraerse un procedimiento para el tratamiento de los sedimentos de aguas contaminadas para dar un material de construcción compatible con el medio ambiente de forma duradera, formándose los sedimentos tras el secado hasta un contenido en agua de aproximadamente el 120 al 140 % con materiales de arcilla y cemento/hidrato de cal para dar un material de

construcción compatible con el medio ambiente.

5 El documento US-A-5462672 da a conocer un procedimiento para la extracción del agua de lodo: el lodo se ajusta en primer lugar a una densidad entre 1,15 y 1,35 mediante la adición de agua. La adición de agua se controla a través de un dispositivo de medición. Después se dosifican un agente de floculación inorgánico así como un agente de floculación aniónico polimérico y se conduce el lodo hasta una máquina de extracción de agua (25). A continuación se evacua el lodo secado. El agente de floculación polimérico aniónico es poli(acrilamida parcialmente hidrolizada).

10 El documento EP-A-0500199 da a conocer un procedimiento para el tratamiento de sedimentos de aguas para dar material de construcción. En este caso se añade el 4-15% de harina de arcilla caolinítica.

15 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la extracción del agua de lodos de ríos y puertos y bajo o del fondo del mar, que permita una extracción del agua rápida y económica y pueda realizarse de la manera más sencilla posible en las instalaciones existentes de la extracción del agua de campo. En vista de la elevada velocidad de extracción de los lodos y de los elevados esfuerzos cortantes que aparecen en este sentido, el procedimiento que se proporciona conducirá a una rápida floculación y a un flóculos estable. Especialmente el procedimiento podrá emplearse también de manera ventajosa en el caso de lodos de los que es difícil extraer el agua debido a sus finos.

20 Durante la realización del procedimiento, en cuanto al uso adicional de los lodos secados, ha de prestarse atención a la prevención de productos perjudiciales para el medio ambiente.

25 Además, un objetivo del procedimiento que se proporciona es minimizar el tiempo para el secado natural del lodo al que se le ha extraído parcialmente el agua tras la separación del agua sobrenadante y del agua de drenaje. Un objetivo adicional de la invención consiste en unir las sustancias nocivas presentes en los lodos acuosos de manera tan firme a los lodos a los que se ha extraído el agua, que pueda reducirse o evitarse una adición posterior de sustancias que se unen a sustancias y los lodos secados pueden tratarse adicionalmente de manera adicional o depositarse.

30 El objetivo se soluciona según la invención mediante un procedimiento para la extracción del agua de lodo, según la reivindicación 1.

35 Los polímeros aniónicos que van a usarse según la invención presentan un peso molecular promedio  $M_w$  superior a  $1,0 \times 10^7$ , preferiblemente superior a  $1,2 \times 10^7$  y de manera especialmente preferible superior a  $1,5 \times 10^7$ .

40 Los polímeros aniónicos que van a usarse según la invención se forman a partir de componentes monoméricos no iónicos y aniónicos, solubles en agua. Ejemplos de monómeros no iónicos que van a utilizarse son acril- y metacrilamida, los ésteres hidroxialquílicos del ácido acrílico y metacrílico, preferiblemente ésteres 2-hidroxietílico y 2-hidroxipropílico, acrilonitrilo, vinilpirrolidona y N-vinilacetamida y sus mezclas. Preferiblemente se usa acrilamida.

45 Ejemplos de monómeros aniónicos que van a utilizarse son ácidos mono- y dicarboxílicos insaturados, tales como ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido itacónico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido vinilsulfónico, ácidos acrilamidoalcanosulfónicos, ácido vinilfosfónico y/o sus sales con álcalis, amoniaco, (alquil)aminas- o alcanolaminas y mezclas de estos monómeros. Preferiblemente se usa ácido acrílico y su sal alcalina.

50 Los polímeros que van a utilizarse según la invención, para la modificación de las propiedades poliméricas, pueden contener hasta un 10 % en peso de monómeros adicionales, insolubles o poco solubles en agua, siempre que éstos no afecten a la solubilidad en agua del polímero. Ejemplos de tales monómeros son acetato de vinilo y acrilatos de alquilo, tales como acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de butilo, acrilato de etilhexilo.

El porcentaje de componentes monoméricos aniónicos en los polímeros aniónicos que van a usarse según la invención asciende a del 5 al 30 % en peso y de manera especialmente preferible a del 10 al 20 % en peso.

55 Con respecto a los lodos un tanto más gruesos se ha comprobado que en algunos casos una poli(acrilamida aniónica con un porcentaje aniónico del 30 al 40 % en peso muestra un efecto de floculación especialmente bueno.

60 En una forma de realización ventajosa adicional de la invención se utiliza una mezcla de dos agentes de floculación aniónicos distintos, pudiendo encontrarse las diferencias tanto en la estructura química de los componentes monoméricos aniónicos como en los porcentajes en peso de los componentes monoméricos aniónicos. Se prefiere el uso de una mezcla de polímeros con diferentes porcentajes en peso de componentes monoméricos aniónicos.

65 Alternativamente a los polímeros sintetizados a partir de monómeros no iónicos y aniónicos pueden usarse también aquellos polímeros que originariamente se formaron a partir de componentes monoméricos no iónicos y en los que se generaron grupos aniónicos mediante hidrólisis parcial de, por ejemplo, componentes no iónicos de tipo éster y/o de tipo amida. A modo de ejemplo se menciona en este caso una poli(acrilamida aniónica generada mediante

hidrólisis de homopolímero de poliacrilamida.

Las poliacrilamidas aniónicas pueden producirse según distintos procedimientos de polimerización, por ejemplo según el procedimiento de polimerización en gel, en el que la disolución monomérica acuosa se polimeriza tras la iniciación de manera adiabática para dar un gel, a continuación se tritura éste, se seca y se muele hasta dar un polvo de polímero. Para mejorar el comportamiento de solubilidad, los polvos de polímero se cubren frecuentemente en la superficie, por ejemplo aerosoles finamente divididos o también con vidrio soluble. Además, los polímeros pueden existir también en forma de una dispersión de agua en aceite, que antes de la aplicación se invierte dando una dispersión de aceite en agua. Preferiblemente se utiliza una disolución acuosa de polímeros en polvo.

La disolución polimérica acuosa se produce mediante disolución o dilución de polímeros en polvo o polímeros en forma de emulsión y se proporciona como disolución diluida. La concentración de la disolución polimérica se encuentra habitualmente por debajo del 2 % en peso, preferiblemente por debajo del 1% y de manera especialmente preferible por debajo del 0,5 % en peso.

El lodo dragado por ejemplo de ríos y puertos, del fondo del mar o del bajío se lleva con agua hasta una concentración que puede bombearse, hasta una densidad de desde  $1,04 \text{ t/m}^3$  hasta  $1,15 \text{ t/m}^3$  y se transporta a través de tuberías hasta las zonas de extracción del agua de lodos. En las tuberías se encuentra un dispositivo de medición, que determina la concentración actual del lodo. Con la señal de medición se calcula la cantidad necesaria de agente de floculación y se resuelve la dosificación del agente de floculación.

Los polímeros aniónicos se añaden a los lodos acuosos como disolución acuosa, teniendo lugar la adición en el conducto de alimentación del lodo acuoso hasta el estanque de extracción del agua. El mezclado de la disolución polimérica con el lodo tiene lugar mediante las turbulencias en la suspensión circulante y puede promoverse opcionalmente mediante elementos de mezclado, preferiblemente elementos de mezclado estáticos. El punto de adición de la disolución polimérica en el conducto de alimentación de lodo puede seleccionarse de tal modo que el proceso de floculación se ha utilizado ya o no comienza hasta la entrada en el estanque de extracción del agua.

Sorprendentemente se ha comprobado que los flóculos generados según el procedimiento según la invención son muy estables y con ello se evita una destrucción de los flóculos ya formados por efectos de fricción durante el transporte del lodo. Debido a la elevada estabilidad de los flóculos generados según el procedimiento según la invención, el punto de adición de la disolución de agente de floculación a la corriente de lodo puede tener lugar también mucho antes de la desembocadura en el estanque de sedimentación. Debido a la floculación del lodo que se utiliza rápidamente también es posible no dosificar el agente de floculación hasta la desembocadura en el estanque de sedimentación. En una forma de realización preferida la dosificación del agente de floculación tiene lugar en un corto tramo de mezclado antes de la desembocadura, especialmente por debajo de 20 m.

La cantidad necesaria de polímero aniónico para el procedimiento según la invención depende de la concentración y de la composición de los lodos y puede determinarse mediante sencillos ensayos previos. Con respecto al porcentaje de sólidos contenido en el lodo se añaden habitualmente del 0,02 al 2 % en peso, preferiblemente del 0,05 al 1 % en peso y de manera especialmente preferible del 0,09 al 0,5 % en peso de agente de floculación polimérico.

La solución del objetivo mediante el procedimiento de la invención es en este sentido sorprendente ya que permite la floculación y sedimentación de las partículas de lodo cargadas negativamente mediante el solo uso de agentes de floculación aniónicos sin la adición de adyuvantes de floculación adicionales. Especialmente, de manera ventajosa, pueden procesarse también lodos con finos, dado que la estructura de flóculos que se forma ya no impide un bloqueo del drenaje-extracción del agua.

Las ventajas temporales obtenidas mediante el procedimiento de la invención son considerables. Partiendo de una densidad aparente del lodo previsto para el tratamiento de aproximadamente  $1,04 \text{ t/m}^3$  a  $1,15 \text{ t/m}^3$ , en el procedimiento **convencional** sin adyuvante de floculación puede derramarse el agua sobrenadante con lodos gruesos tras aproximadamente 2 - 7 semanas y en el caso de lodos finos tras aproximadamente 4 meses, el lodo ha alcanzado entonces una densidad de desde aproximadamente  $1,16 \text{ t/m}^3$  en el caso de lodos finamente divididos y  $1,22 \text{ t/m}^3$  en el caso de lodos más gruesos. Lodos finamente divididos en el sentido de la presente divulgación son lodos cuyo porcentaje de partículas de 0,06 mm e inferior asciende al menos al 50 % en peso. En este momento se introduce la recirculación mecánica para promover mediante evaporación el secado natural. Este proceso finaliza según la época del año y la situación meteorológica tras algunos meses, en este punto el lodo presenta una densidad de desde aproximadamente  $1,47 \text{ t/m}^3$  y puede alimentarse a la utilización final. En el procedimiento **de la invención** puede derramarse el agua sobrenadante ya en el plazo de las primeras 24 h y junto con el drenaje-extracción del agua mejorados resulta un lodo claramente más seco. El lodo presenta ya en este momento una densidad de desde 1,25 hasta  $1,35 \text{ t/m}^3$  y puede alimentarse entonces o bien directamente al tratamiento adicional o bien secarse aún más mediante secado por evaporación, opcionalmente acoplado con tratamiento mecánico. Habitualmente, tras el secado por evaporación se ajustan densidades de más de  $1,45 \text{ t/m}^3$ , preferiblemente de  $1,47 \text{ t/m}^3$  o superiores. Los lodos secados que se producen en el procedimiento según la invención presentan resistencias al corte por paletas de más de  $25 \text{ kN/m}^2$ , preferiblemente de más de  $30 \text{ kN/m}^2$ .

5 El tratamiento mecánico del lodo conduce a una fracturación regular de la superficie del lodo, mediante lo cual se acelera el secado por evaporación. El tratamiento puede tener lugar por ejemplo mediante dragas, que rodean regularmente al lodo o también mediante fresado, tratan muy intensivamente la superficie del lodo. Según la invención se utiliza preferiblemente fresado.

10 En el procedimiento según la invención, en la zona de extracción del agua se devuelve el agua separada de la superficie y mediante drenaje a través de conducciones en anillo de nuevo al sitio de transferencia del lodo y se usa de nuevo para diluir el lodo suministrado.

15 El lodo al que se le ha extraído parcialmente el agua tras la separación del agua sobrenadante y el agua de drenaje muestra sorprendentemente sólo una pequeña tendencia a absorber de nuevo agua que lleva nuevamente. Debido a esta propiedad se reduce claramente la prolongación debida a las condiciones climáticas del secado natural del lodo, dado que por ejemplo el agua de lluvia se acumula en su mayor parte sólo en la zona superficial del lodo sedimentado y ya no empapa ni suspende de nuevo el lodo.

20 Tras alcanzar el grado de secado deseado se almacenan los lodos en vertederos o se procesan para dar un material de construcción compatible con el medio ambiente, por ejemplo para dar un impermeabilizante, diques marginales o pavimentos. Los productos producidos según el procedimiento según la invención presentan propiedades de materiales ventajosas.

25 Dado que las sustancias nocivas presentes en el lodo acuoso se incluyen los flóculos formados en el procedimiento según la invención, puede reducirse la adición de sustancias que se unen a sustancias nocivas o incluso no aparecer en absoluto. Los lodos pueden depositarse directamente por tanto tras su secado o también procesarse adicionalmente para dar material de construcción.

Mediante el uso de poliacrilamidas aniónicas no tiene lugar ninguna carga perjudicial para el medio ambiente del lodo, de modo que es posible un procesamiento adicional sin problemas.

30 En el caso de procesamiento adicional de lodos altamente contaminados para dar un material de construcción compatible con el medio ambiente ha resultado ventajosa la adición de materiales de relleno minerales, especialmente de arcillas, hidrato de cal y cemento o sus. Especialmente se añaden de forma homogénea al lodo en cada caso del 1 al 15 % en peso de estas sustancias.

### 35 **Métodos de determinación**

#### **Extracción del agua según el método de tamizado de comprobación**

40 Con este método se someten a prueba agentes de floculación poliméricos en cuanto a su idoneidad para el acondicionamiento y la extracción del agua de lodos.

45 En un recipiente graduado de 700 ml se mezclan 500 ml de lodo con la disolución al 0,25 % de agente de floculación que va a someterse a prueba y se agita con un agitador de con agitador de rastrillo de cuatro púas a 1000 r/min durante un tiempo determinado. Tras este acondicionamiento se filtra (se extrae el agua de) la muestra de lodo en un tamiz metálico (200 micrómetros de abertura de mallas). Se mide la duración de la extracción del agua para una cantidad de filtrado de 200 ml y se valora la visualmente la claridad en una parte del filtrado desaguado en una cuña transparente.

50 Claridad "0" = ninguna aclaración

Claridad "46" = la mejor aclaración

#### **Ensayo de sedimentación**

55 En un vaso de precipitados de 600 ml se agitan 500 ml de lógamo y una cantidad determinada de disolución al 0,25 % de agente de floculación con un agitador de rastrillo de 4 púas a 1000 r/min durante 10 segundos. Se valora en función del tiempo de sedimentación (min) el volumen formado (ml) de agua clara a través del sedimento.

#### **Resistencia al corte por paletas**

60 La medición de resistencia al corte del lodo al que se le ha extraído el agua tiene lugar con una sonda de paletas. La sonda de paletas consiste en una varilla, en cuyo extremo inferior están dispuestas 4 paletas. Las dimensiones y el modo de trabajo están establecidos según la norma DIN 4096. Para la realización del ensayo se hunde la sonda de paletas en el lodo y se gira lentamente hasta romper el lodo a lo largo de una superficie de deslizamiento cilíndrica.  
65 A partir del momento de giro M medido en la rotura y del diámetro d de la sonda de paletas se calcula la resistencia al corte por paletas.

$$FS = 6 \times M / 7 \times \pi \times d^3$$

**Ejemplos**

5

**Polímeros usados**

10 Todos los polímero aniónicos usados presentan un peso molecular promedio Mw de más de 15 millones, los polímeros catiónicos tienen un Mw de más de 6 millones. Todos los polímeros se utilizan en forma de sus disoluciones al 0,25 % en peso.

Polímero A: poliacrilamida catiónica con un porcentaje en peso del 25 % en peso de dimetilaminopropilacrilamida cuaternizada

15 Polímero B: poliacrilamida catiónica con un porcentaje en peso del 10 % en peso de dimetilaminopropilacrilamida cuaternizada

20 Polímero C: poliacrilamida catiónica con un porcentaje en peso del 6 % en peso de dimetilaminopropilacrilamida cuaternizada

Polímero D: poliacrilamida aniónica con un porcentaje en peso del 1,5 % en peso de sal de Na de ácido acrílico (no según la invención)

25 Polímero E: poliacrilamida aniónica con un porcentaje en peso del 10 % en peso de sal de Na de ácido acrílico

Polímero F: poliacrilamida aniónica con un porcentaje en peso del 15 % en peso de sal de Na de ácido acrílico

30 Polímero G: poliacrilamida aniónica con un porcentaje en peso del 40 % en peso de sal de Na de ácido acrílico (no según la invención)

**Muestra de lodo 1**

35 En este caso se utilizó légamo de puerto de Bremen con una concentración del 10,3 % de sustancia seca, lo que correspondía a una densidad de 1,066 t/m<sup>3</sup>. El tamaño de partícula promedio ascendió a Dm = 0,0564 mm, determinado a través del diagrama de curva granulométrica, a partir de su trazado semilogarítmico del diámetro de partícula log frente al porcentaje en peso de partícula. El porcentaje de partículas por debajo de 0,06 mm ascendió al 70 % en peso. La carga de las partículas era negativa y se determinó con el aparato de pH PCD 03 de la empresa Müttek, (de Herrsching, DE) mediante una valoración polielectrolítica hasta el punto isoeléctrico. El valor de medición se encontraba a - 230 mV. La pérdida por calcinación de la sustancia seca ascendió al 13,2 %, determinada a 40 600 °C/2,5 h.

**Muestra de lodo 2**

45 En este caso se utilizó légamo de puerto del puerto de Bremen con una concentración del 9,5 % de sustancia seca, lo que correspondía a una densidad de 1,062 t/m<sup>3</sup>. El tamaño de partícula promedio ascendió a Dm = 0,0212 mm, determinado a través del diagrama de curva granulométrica, a partir de su trazado semilogarítmico del diámetro de partícula log frente al porcentaje en peso de partícula. El porcentaje de partículas por debajo de 0,06 mm ascendió al 100 % en peso. La carga de las partículas era negativa y se determinó con el aparato de pH PCD 03 de la empresa Müttek, (de Herrsching, DE) mediante una valoración polielectrolítica hasta el punto isoeléctrico. El valor de medición se encontraba a -410 mV. La pérdida por calcinación de la sustancia seca ascendió al 15,5 %, determinada a 50 600 °C/2,5 h.

**Ejemplo 1**

55 500 ml de muestra de lodo 2 se mezclaron en el ensayo de sedimentación con 40 ml de disolución polimérica y se sometieron a cizalladura durante 10 s. Tras 1 minuto de tiempo de sedimentación resultaron los siguientes volúmenes de agua aclarada:

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada
B	5
C	20
D	210
E	240
F	260
G	25
Sin polímero	0

El ensayo se repite a mayor cizalladura (se somete a cizalladura durante 30 s), de modo que tras 1 y 2 minutos de tiempo de sedimentación resultan los siguientes volúmenes de agua aclarada:

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada	
	tras 1 min	tras 2 min
B	5	10
E	260	270

5 Ejemplo 2

500 ml de muestra de lodo 2 se mezclaron en el ensayo de sedimentación con 80 ml de disolución polimérica y se sometieron a cizalladura durante 10 s. Tras 1 minuto de tiempo de sedimentación resultaron los siguientes volúmenes de agua aclarada:

10

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada
A	180
D	270
E	260
F	220
G	10
Sin polímero	0

Ejemplo 3

15 En un ensayo de extracción del agua según el método de tamizado de comprobación, con la muestra de lodo 1 mediante la adición de polímero en una concentración de 100 g TS/m<sup>3</sup> de lodo se obtuvieron los siguientes resultados:

Polímero	Cuña transparente	Tiempo [s] para 200 ml de filtrado
A	46	167
B	46	52
D	46	18
E	46	6
F	46	6
G	46	11

20 Si se aumenta la adición del agente de floculación hasta 300 g TS/m<sup>3</sup> de lodo, resulta entonces

Polímero	Cuña transparente	Tiempo [s] para 200 ml de filtrado
D	31	5
E	27	15
F	22	31
G	21	102

Ejemplo 4

25 500 ml de muestra de lodo 1 se mezclaron en el ensayo de sedimentación con 40 ml de disolución polimérica y se sometieron a cizalladura durante 10 s. Tras 1 minuto de tiempo de sedimentación resultaron los siguientes volúmenes de agua aclarada:

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada
B	60
D	140
E	150
F	150
G	160
Sin polímero	0

30 A mayor cizalladura (30 s de tiempo de agitación) las floculaciones realizadas según la invención resultan ser extraordinariamente estables:

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada
B	10
E	160

Ejemplo 5

5 500 ml de muestra de lodo 1 se mezclaron en el ensayo de sedimentación con 80 ml de disolución polimérica y se sometieron a cizalladura durante 10 s. Tras 1 minuto de tiempo de sedimentación resultaron los siguientes volúmenes de agua aclarada:

Polímero	Volumen [ml] de agua aclarada
B	100
D	190
E	190
F	180
G	130
Sin polímero	0

Ejemplo 6

10 En un tubo de plexiglas colocado en vertical de 80 mm de diámetro y 500 mm de longitud, que estaba cubierto en la parte inferior con un tamiz de 200  $\mu\text{m}$ , se descargan 500 ml de arena.

15 1000 ml de lodo de draga finamente dividido del puerto de Bremen con un contenido en sólidos del 15,3 % y una densidad de 1,10  $\text{t/m}^3$  se mezclan con 160 ml de una disolución al 0,25 % de polímero E en agua de pólder y se acondicionan a 1000 rpm durante 10 s con un agitador de rastrillo de 4 púas.

De esta mezcla se cargan 1000 ml en el tubo de plexiglas y se determina el comportamiento de extracción del agua así como la densidad del lodo:

20

<b>Duración del ensayo [h]</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>24</b>
<b>Filtrado [g]</b>	616	672	702	727	739
<b>Densidad [<math>\text{t/m}^3</math>]</b>	1,20	1,23	1,25	1,26	1,27

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la extracción del agua del lodo, en el que el lodo
- 5       - se ajusta mediante la adición de agua hasta una densidad de desde 1,04 t/m<sup>3</sup> hasta 1,15 t/m<sup>3</sup>;  
       - se descarga a través de una tubería hacia una zona de extracción del agua;  
       - se mezcla durante el transporte con una disolución acuosa de un agente de floculación polimérico;  
       - se sedimenta en la zona de extracción del agua y se libera parcialmente del agua sobrenadante y/o agua de drenaje y a continuación se somete a un secado por evaporación natural;
- 10       realizándose la floculación con un agente de floculación polimérico aniónico, soluble en agua con un porcentaje de componentes monoméricos aniónicos de desde el 5 hasta el 30 % en peso.
- 15       2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el agente de floculación polimérico aniónico está compuesto por monómeros aniónicos y no iónicos y como monómeros aniónicos se usan ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido itacónico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido vinilsulfónico, ácidos acrilamidoalcanosulfónicos, ácido vinilfosfónico y/o sus sales con álcalis, amoniaco, (alquil)aminas o alcanolaminas, o mezclas de estos monómeros y **por que** como monómeros no iónicos se usan acrilamida, metacrilamida, acrilonitrilo, ésteres hidroxialquílicos del ácido acrílico y metacrílico, vinilpirrolidona o vinilacetamida o mezclas de estos monómeros.
- 20       3. Procedimiento según la reivindicación 1 y 2, **caracterizado por que** como agente de floculación polimérico se usa una poliacrilamida, compuesta por unidades de acrilamida y unidades de ácido acrílico polimerizadas.
- 25       4. Procedimiento según la reivindicación 1 a 3, **caracterizado por que** el agente de floculación polimérico contiene del 10 al 20 % en peso componentes monoméricos aniónicos incorporados por polimerización.
5. Procedimiento según la reivindicación 1 a 4, **caracterizado por que** el agente de floculación polimérico presenta un peso molecular promedio Mw superior a 1,0x10<sup>7</sup>.
- 30       6. Procedimiento según la reivindicación 1 a 5, **caracterizado por que** se usan al menos dos agentes de floculación aniónicos distintos.
7. Procedimiento según la reivindicación 1 a 6, **caracterizado por que** el agente de floculación polimérico se añade con respecto al contenido en sólidos del lodo en una cantidad de desde el 0,02 % en peso hasta el 2 % en peso.
- 35       8. Procedimiento según la reivindicación 1 bis 7, **caracterizado por que** el agente de floculación polimérico se utiliza en forma de una disolución acuosa en una concentración inferior al 2 % en peso.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la disolución polimérica se prepara a partir de un polímero en forma de polvo.
- 40       10. Procedimiento según la reivindicación 1 a 9, **caracterizado por que** el lodo que va a tratarse se obtuvo de ríos, puertos, del fondo del mar o del bajo.
- 45       11. Procedimiento según la reivindicación 1 a 10, **caracterizado por que** el lodo al que va a extraerse el agua contiene al menos el 50 % en peso de finos de menos de o igual a 0,06 mm.
12. Procedimiento según la reivindicación 1 a 11, **caracterizado por que** la disolución de agente de floculación se alimenta a la tubería en un tramo entre la salida hacia la zona de extracción del agua y 150 m antes de la misma.
- 50       13. Procedimiento según la reivindicación 1 a 12, **caracterizado por que** un dispositivo de medición determina la concentración de lodo en la tubería, calcula la cantidad de agente de floculación a partir de la misma e introduce la dosificación de la disolución de agente de floculación.
- 55       14. Procedimiento según la reivindicación 1 a 13, **caracterizado por que** el lodo tratado con el agente de floculación tras la extracción del agua y antes del secado por evaporación natural presenta una densidad de desde 1,25 t/m<sup>3</sup> hasta 1,35 t/m<sup>3</sup>.
- 60       15. Procedimiento según la reivindicación 1 a 14, **caracterizado por que** el secado por evaporación natural se acelera mediante reestructuración mecánica del lodo.
16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado por que** la reestructuración mecánica tiene lugar por medio de fresado.
- 65       17. Procedimiento según la reivindicación 1 a 16, **caracterizado por que** el secado por evaporación del lodo se continua hasta una densidad de al menos 1,45 t/m<sup>3</sup>.

18. Procedimiento según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el lodo presenta una resistencia al corte por paletas superior a  $25 \text{ kN/m}^2$ .

5 19. Procedimiento según la reivindicación 1 a 18, **caracterizado por que** el lodo al que se le ha extraído el agua y se ha secado se mezcla con arcillas y/o hidrato de cal y/o cemento en cantidades de en cada caso del 1 al 15 % en peso.