



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 378**

51 Int. Cl.:  
**B01F 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07857148 .6**

96 Fecha de presentación : **28.12.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2125174**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.12.2009**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el tratamiento de un líquido.**

30 Prioridad: **28.12.2006 DE 10 2006 061 906**  
**21.03.2007 DE 10 2007 013 533**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.06.2011**

73 Titular/es: **ULTRASONIC SYSTEMS GmbH**  
**Gemeindewald 5**  
**86672 Thierhaupten, DE**

72 Inventor/es: **Pöschl, Günter**

74 Agente: **Pons Ariño, Ángel**

ES 2 360 378 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 dispositivo para el tratamiento de un líquido.

La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un líquido. En particular, la invención se refiere a un procedimiento para insertar gas en un líquido.

- 5 La carga de un líquido con gas resulta ventajosa para diversos fines. Por ejemplo, permite reacciones químicas entre el gas y el líquido o entre el gas y sustancias contenidas en el líquido. Un posible uso es el tratamiento de agua, tanto de agua potable como de aguas residuales, consiguiendo reducirse la contaminación de gérmenes mediante la introducción de gases reactivos correspondientes.
- 10 Un problema técnico consiste en aumentar la parte de gas insertada eficazmente en el líquido. Cuanto mayor es esta parte, mayor es el grado en que puede producirse una reacción química entre el gas y el líquido. Por ello, desde hace tiempo se está debatiendo fomentar mediante ultrasonido la distribución del gas introducido en el líquido.
- 15 Un elemento de cavitación rotatorio especial está representado en el documento SU1240439A1, que constituye el estado de la técnica más próximo. El impulsor empleado allí está provisto de canales cerrados por membranas en su extremo situado en el lado del impulsor. Una fuente de presión dispuesta a una distancia del impulsor produce diferencias de presión en el medio existente en los canales, que cambian periódicamente la posición de la membrana con respecto a la superficie del impulsor favoreciendo de esta manera la aparición de cavitación.
- La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento efectivo para insertar gases en un líquido.
- Para ello, un procedimiento para el tratamiento de un líquido presenta los siguientes pasos:
- introducir en un espacio el líquido que se ha de tratar,
  - 20 - actuar mediante un elemento de cavitación mecánico sobre el líquido efectuando un suministro de gas a la zona de la superficie del elemento de cavitación e insertar el gas en el líquido mediante el movimiento del elemento de cavitación, e
  - introducción de ondas acústicas directamente en el líquido mediante al menos un convertidor de potencia acústico.
- 25 La inserción de gas en el líquido a este respecto se produce, por así decirlo, en dos etapas. Mediante el elemento de cavitación, en primer lugar, se consigue una mezcla del gas con el líquido en el que el tamaño medio de burbujas aún es relativamente grande. Dado que el gas se introduce especialmente mediante un conducto de suministro de gas directamente en la superficie del elemento de cavitación, queda garantizado que el gas llegue al líquido prácticamente en su totalidad gracias al proceso de cavitación. Las ondas acústicas introducidas en el líquido por el convertidor de potencia acústico provocan como "segunda etapa" una reducción de las burbujas de gas, de tal forma que se reduce notablemente el tamaño medio de burbujas en el conjunto del líquido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el movimiento del elemento de cavitación y el tratamiento acústico del espacio y, por tanto, también los procesos de la introducción de gas y la reducción de las burbujas se realizan simultáneamente. De esta manera, se consigue una solución sonoquímica del gas en el líquido, existiendo una parte grande y, especialmente una parte preponderante del gas disuelta de forma molecularmente dispersa. El gas puede existir como sustancia pura o como mezcla de sustancias.
- 30 Con este procedimiento se puede conseguir, por ejemplo, un tamaño medio de burbujas inferior a 50  $\mu\text{m}$ , así como una elevada parte de burbujas en el intervalo de nanómetros a ángstroms.
- Mediante el procedimiento según la invención es posible introducir en el líquido una parte notablemente mayor de gas que con los procedimientos convencionales conocidos.
- 40 Preferentemente, durante la introducción del líquido, el espacio se llena completamente de líquido, de forma que las ondas acústicas se expanden por todo el espacio pudiendo ser reflejadas al líquido desde cualquier dirección. De manera ventajosa, la cantidad de gas introducida está elegida de tal forma y la introducción del gas se realiza de tal forma que no resulte ningún volumen de gas encima del líquido.
- Preferentemente, el convertidor de potencia es un elemento piezoeléctrico que, por ejemplo, puede estar configurado en forma de disco.
- 45 Es posible disponer en el espacio sólo uno, dos o una multitud de convertidores de potencia acústicos. Cada uno de los convertidores de potencia acústicos tiene contacto directo con el líquido, de forma que las ondas acústicas se irradian directamente al líquido. Contacto directo significa en este contexto que no hay ningún cuerpo sólido conductor del convertidor de potencia que introduzca las vibraciones en el líquido como lo hace, por ejemplo, un sonotrodo. Más bien, el líquido está dispuesto directamente junto al convertidor de potencia, es decir, la fuente de ultrasonido.
- 50 De manera ventajosa, el convertidor de potencia emite ondas acústicas de diferentes frecuencias. Si están previstos varios convertidores de potencia, estos generan ondas acústicas en las mismas gamas de frecuencias o en gamas de frecuencias diferentes. Se ha mostrado que resulta ventajoso que una "mezcla de frecuencias" de este tipo actúe sobre

el líquido para disolver mucho gas.

Preferentemente, la frecuencia de las ondas acústicas se sitúa en la gama ultrasónica, especialmente entre 400 y 1.500 kHz. De manera especialmente preferible, se emplean frecuencias situadas entre 600 y 1.200 kHz.

5 En una forma de realización ventajosa de la invención, el convertidor de potencia se hace funcionar de forma pulsada. La duración de estos impulsos está elegida de tal forma que la reducción posible de las burbujas de gas y la disolución del gas en el líquido se produzcan de la forma más efectiva posible. Si están previstos varios convertidores de potencia, todos o sólo algunos de ellos se pueden hacer funcionar en funcionamiento pulsado, con duraciones de impulsos y frecuencias de impulsos iguales o diferentes.

Es posible disponer en el espacio reflectores para ondas acústicas que reflejen en el líquido las ondas acústicas.

10 De manera ventajosa, el movimiento del elemento de cavitación mecánico es un movimiento rotatorio, porque de esta manera se consigue de manera sencilla un buen efecto de cavitación. Como elemento de cavitación mecánico se emplea preferentemente un cuerpo de flujo conformado de tal manera que a lo largo de su superficie genera zonas con la máxima velocidad de flujo posible para conseguir el máximo efecto de cavitación posible y, por tanto, una buena mezcla del gas con el líquido.

15 El elemento de cavitación mecánico, por ejemplo, está configurado en forma de disco. Se puede usar un disco provisto de estructuras especiales como, por ejemplo bolsas elipsoidales, en cuya zona se producen velocidades de flujo muy elevadas.

20 El suministro de gas se realiza, preferentemente, en el rango de la máxima velocidad de flujo en la superficie del elemento de cavitación, ya que se ha mostrado que de esta forma se consigue una mezcla especialmente buena. Esto puede realizarse en la zona de las estructuras mencionadas, o bien, en la zona del borde del disco.

En una forma de realización ventajosa, el líquido fluye a través del espacio. Por lo tanto, el procedimiento no se aplica en un volumen de líquido estancado, sino en un líquido que fluye por el dispositivo correspondiente según el principio de paso.

25 El término "espacio" ha de entenderse de modo amplio. Describe sustancialmente el volumen conjunto alrededor del elemento de cavitación hasta el volumen alrededor de los convertidores de potencia. Estos volúmenes pueden estar situados de forma directamente contigua o con cierta separación entre ellos que, evidentemente, está determinada por la liberación del gas insertado en el líquido por el elemento de cavitación. El espacio puede estar formado por una sola cámara más grande, en la que estén dispuestos tanto el elemento de cavitación como el o los convertidores de potencia acústico(s), o bien, por varias cámaras unidas entre sí conjuntamente por tuberías, estando dispuesto el elemento de cavitación y el convertidor de potencia acústico respectivamente en una cámara propia. Sin embargo, lo importante es que el efecto del ultrasonido llegue hasta el elemento de cavitación. No obstante, siempre resulta ventajoso que todo el espacio que comprende el elemento de cavitación y el o los convertidores de potencia acústicos sean atravesados uniformemente por las ondas acústicas del / de los convertidores de potencia acústico(s).

30 Preferentemente, el elemento de cavitación está dispuesto corriente arriba del convertidor de potencia acústico, de modo que las burbujas relativamente grandes, insertadas en el líquido por el elemento de cavitación, son seguidamente alcanzadas por las ondas acústicas del o de los convertidores de potencia acústicos, "reduciéndose" y, por ello se disuelve el gas.

35 Es posible desgasificar el líquido antes del tratamiento con el elemento de cavitación y las ondas acústicas. Esto tiene la ventaja de que se incrementa la solubilidad del gas que se ha de introducir, al eliminar del líquido previamente otros gases.

40 Para la desgasificación, por ejemplo, puede estar dispuesto al menos un convertidor de potencia acústico corriente arriba del elemento de cavitación. De manera ventajosa, este convertidor de potencia acústico está previsto adicionalmente al convertidor de potencia dispuesto corriente abajo del elemento de cavitación. Se ha mostrado que es muy efectiva una desgasificación mediante convertidores de potencia acústicos. De esta manera, el líquido que llega al elemento de cavitación está sustancialmente exento de gas y, por lo tanto, se puede volver a cargar de gas en mayor medida.

Asimismo, se ha mostrado que para el líquido, el intervalo de tiempo entre el paso por el elemento de cavitación y el paso por el convertidor de potencia acústico puede ser de hasta 10 segundos sin que se produzca una pérdida de la efectividad de la carga de gas.

45 El gas puede alimentarse al sistema en forma líquida, lo que facilita el suministro y el almacenaje. Por ejemplo, si se usa oxígeno líquido, resulta además un efecto refrigerante ventajoso en el elemento de cavitación y el líquido situado alrededor de este, lo que aumenta la solubilidad del gas en el líquido, ya que la temperatura del líquido puede bajarse de forma selectiva.

El procedimiento según la invención puede emplearse muy bien para el tratamiento de agua, especialmente de agua

potable o de aguas residuales.

Para ello, está previsto especialmente que el gas contenga al menos un gas con propiedades oxidativas, por ejemplo ozono.

5 Para producir el ozono, es posible tratar el gas con luz ultravioleta antes del suministro al elemento de cavitación. Si como gas se usa oxígeno o aire, la radiación ultravioleta provoca una transformación de oxígeno en ozono. Esto tiene la ventaja de que el ozono fuertemente reactivo se produce sólo inmediatamente antes de su contacto con el líquido. El tratamiento UV puede realizarse, por ejemplo, directamente antes de la salida del gas en el elemento de cavitación o en otro punto dentro del sistema de suministro de gas. Para ello, se puede usar una lámpara UV. También es posible la irradiación con rayos X o radiación gama.

10 El procedimiento según la invención puede usarse, por ejemplo, para eliminar los gérmenes del líquido o, en general, para destruir bacterias, virus, esporas de hongos, toxinas o sustancias endocrinas o para desnaturalizar proteínas. Además, se puede usar en general para gasear líquidos, no sólo agua o aguas residuales, con cualquier gas adecuado.

15 Además, la invención se refiere a un dispositivo, especialmente para la realización de uno de los procedimientos descritos, con un espacio, un elemento de cavitación mecánico dispuesto en el espacio, un dispositivo de suministro de gas, cuya salida desemboca directamente cerca de la superficie del elemento de cavitación y con un convertidor de potencia acústico dispuesto en el espacio de tal forma que irradia las ondas acústicas directamente al espacio. Para el tratamiento del líquido, el espacio se llena con el líquido, preferentemente en su totalidad, de forma que el movimiento del elemento de cavitación mecánico provoque cavitación en el líquido y que el (o los) convertidores de potencia acústico(s) estén en contacto directo con el líquido acoplando las ondas acústicas directamente al líquido.

20 Para aumentar el efecto de cavitación, el espacio tiene preferentemente en la zona del elemento de cavitación una sección transversal no rotacionalmente simétrica. La sección transversal, por ejemplo, puede ser poligonal.

Más características y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción de un ejemplo de realización, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

25 la figura 1 un alzado lateral parcial de un dispositivo según la invención para la realización de un procedimiento según la invención;

la figura 2 una vista en planta desde arriba en sección parcial del dispositivo en la figura 1;

las figuras 3 y 4 vistas de un elemento de cavitación mecánico para el uso en el dispositivo según la invención y para la realización del procedimiento según la invención;

30 las figuras 5 y 6 vistas de un convertidor de potencia acústico para su uso en el dispositivo según la invención y en el procedimiento según la invención; y

las figuras 7 y 8 un elemento piezoeléctrico para el uso en un convertidor de potencia según las figuras 5 y 6.

La figura 1 muestra un dispositivo para la realización de un procedimiento para el tratamiento de líquidos mediante la carga del líquido con gas.

35 Un espacio (12) para recibir el líquido presenta una entrada (14) y una salida (16). El espacio (12) está realizado en este ejemplo como una sola cámara.

40 El procedimiento se hace funcionar según el principio de paso, es decir, que el líquido entra en el espacio (12) por la entrada (14) y sale del espacio (12) por la salida (16), a una velocidad de flujo uniforme. La entrada (14) y la salida (16) están dispuestas en lados opuestos del espacio (12), con un desplazamiento una respecto a otra en la dirección axial A. Durante el funcionamiento, el dispositivo (10) está orientado de tal forma que la salida (14) se encuentra en el extremo inferior del espacio (12).

Durante el funcionamiento del dispositivo (10), todo el espacio (12) está completamente lleno de líquido.

45 Cerca de la salida (14) se encuentra un elemento de cavitación (17) mecánico, aquí en forma de un disco, alojado de forma horizontal y giratoria, conformado como cuerpo de flujo, con lados convexos opuestos que se encuentran en un borde circunferencial vivo. El elemento de cavitación (17) está unido, a través de un árbol hueco (18), con un motor (20) de regulación continua que determina la velocidad de giro del elemento de cavitación (17). El elemento de cavitación (17) está sumergido completamente en el líquido y se mueve tan rápido que se produce cavitación en el líquido.

50 En el interior del árbol hueco (18) está realizado un conducto de suministro de gas (21) (véanse las figuras 1 y 3) que es parte de un dispositivo de suministro de gas, a través del cual el gas para la introducción en el líquido se conduce a la superficie del elemento de cavitación (17). Para ello, el conducto de suministro de gas (21) está unido con un canal (22) que desemboca fuera del espacio (12) y que puede conectarse a un suministro de gas (no representado).

El gas puede suministrarse en forma líquida, siendo ventajoso, en función de la temperatura del gas líquido, que el gas

sea ya gaseiforme al entrar en el canal (22). En caso de usar gas líquido refrigerado, por ejemplo oxígeno líquido, se ofrece la ventaja de que el dispositivo de suministro de gas al mismo tiempo contribuye a la refrigeración del dispositivo (10) completo y, por tanto, también a la refrigeración del líquido en el espacio (12).

5 Las figuras 3 y 4 muestran una posible configuración de un elemento de cavitación (17). El elemento de cavitación (17) tiene forma de un disco configurado como cuerpo de flujo, estando el lado frontal (40) curvado de forma convexa más fuertemente que el lado posterior (42). En el lado frontal (40) del elemento de cavitación (17) están previstas dos bolsas (44) elipsoidales. Varias bolsas (46) ligeramente desplazadas unas respecto a otras están realizadas en el lado posterior (42), estando elegida la profundidad de las bolsas (44, 46) de tal forma que en la zona de las bolsas (44) quedan formados calados entre el lado frontal (40) y el lado posterior (42) del elemento de cavitación (17). En la figura 4, dos calados están designados por el signo de referencia (48). Debido a esta configuración se producen unas velocidades de flujo muy elevadas no sólo en la zona del borde circunferencial del elemento de cavitación (17), sino también en la zona de las bolsas (44, 46), por lo que precisamente en estos puntos resulta un efecto de cavitación muy elevado.

El conducto de suministro de gas (21) desemboca directamente en la superficie del elemento de cavitación (17) como se puede ver en las figuras 3 y 4.

15 El gas que se ha de introducir entra a través del canal (22) que está comunicado con el árbol hueco (18) a través de un taladro transversal (25). La parte del dispositivo de suministro de gas dispuesto entre el motor (20) y el elemento de cavitación (17) está dispuesta aquí en una carcasa (23) que encierra el árbol hueco (18) y que une el elemento de cavitación (17) con el motor (20). El conducto de suministro de gas (21) finaliza en el interior del elemento de cavitación (17) en una salida configurada en forma de varios canales de desembocadura (50) orientados transversalmente con respecto al eje central M, que llegan respectivamente hasta la superficie del elemento de cavitación (17) y que, en el ejemplo concreto, alcanzan la superficie en el lado interior de las bolsas (46). Por tanto, el gas suministrado a través del dispositivo de suministro de gas sale directamente por la superficie del elemento de cavitación (17) y se inserta en el líquido en la zona del máximo efecto de cavitación. El ángulo de salida  $\alpha$  de los canales de desembocadura (50) (medido con respecto a la vertical) asciende aquí a  $50^\circ$ , pero evidentemente puede adaptarse al uso previsto en cada caso.

El suministro de gas directamente cerca de la superficie del elemento de cavitación (17) puede realizarse también por otro lugar, no sólo a través del elemento de cavitación (17).

30 La sección transversal del espacio (12) (véase la figura 1) en la zona del elemento de cavitación (17) está elegida de forma distinta a la forma circular y no es rotacionalmente simétrica. Por ejemplo, es poligonal, por ejemplo triangular, cuadrangular o pentagonal. Esto sirve para aumentar el efecto de cavitación, evitando la formación de una corriente rotatoria alrededor del elemento de cavitación (17).

El espacio (12) está encerrado por una pared (24) que retiene el líquido dentro del espacio (12). Del espacio (12) forman parte, además de la cámara en la que está dispuesto el elemento de cavitación (17), también las tuberías conectadas.

35 El espacio (12) comprende también dos tubuladuras de unión (30, 32) cortas, acodadas en  $90^\circ$ , a las que está conectado un convertidor de potencia acústico (26, 28) y que unen los convertidores de potencia acústicos (26, 28) con la cámara que contiene el elemento de cavitación (17). Ambos convertidores de potencia acústicos (26, 28) están configurados aquí como transmisores de ultrasonido y trabajan en una gama de frecuencias de 400 a 1.500 kHz, preferentemente en una gama de frecuencias de 600 a 1.200 kHz. La tubuladura (30) desemboca a la altura de la entrada (14), con un desplazamiento de  $90^\circ$  con respecto a esta en la dirección circunferencial de la cámara, mientras que la tubuladura (32) desemboca a la altura de la salida (16), también con un desplazamiento de  $90^\circ$  con respecto a esta. Los dos convertidores de potencia acústicos (26, 28) están separados axialmente uno de otro, de modo que no puede producirse ningún acoplamiento directo de ondas acústicas de un convertidor de potencia al otro convertidor de potencia. Los convertidores de potencia acoplan la energía ultrasónica como onda elemental directamente al líquido y también al elemento de cavitación (17), a saber, a ambos lados de cada convertidor de potencia (26, 28) en forma de disco.

Cada convertidor de potencia acústico (26, 28) irradia al mismo tiempo un espectro de diferentes frecuencias.

Al menos el convertidor de potencia acústico (28), opcionalmente también el convertidor de potencia acústico (26), no se hace funcionar en servicio continuo, sino de forma pulsada, adaptándose la frecuencia de impulsos y la duración de impulsos a la geometría correspondiente del espacio (12), al gas empleado y al líquido empleado.

50 Las figuras 5 a 8 muestran una configuración posible de un convertidor de potencia acústico (26, 28), tal como se pueden usar para los convertidores de potencia acústicos (26, 28).

55 Un actuador (60) en forma de disco que aquí se compone de un material piezoeléctrico está dispuesto dentro de una carcasa (62) que preferentemente está hecha de cerámica no electroconductiva o de plástico. Ambos lados frontales (64) están recubiertos de una capa de contacto electroconductiva, aquí una capa de plata (66). Ambos lados frontales (64) están recubiertos además, salvo una zona circular cerca del borde, con una capa de protección (68) químicamente inerte, especialmente gas, que cubre toda la zona del actuador (60) que entra en contacto con el líquido. La capa (66) electroconductiva sirve para la puesta en contacto y la excitación del material piezoeléctrico y está conectada de manera

conocida con un generador de tensión regulable.

El actuador (60) está dispuesto en la carcasa (62) de tal forma que la transición entre la capa de protección (68) y la capa (66) electroconductiva está estanqueizada por juntas elásticas (70).

5 El líquido puede entrar en la carcasa (52) de tal manera que está en contacto directo con el actuador (60). De esta forma, el convertidor de potencia puede acoplar las ondas acústicas directamente al líquido.

10 Para la carga del líquido con gas, el elemento de cavitación (17) se hace rotar tan rápido que se produce una cavitación en el líquido. Mediante el dispositivo de suministro de gas, el gas se conduce a la superficie del elemento de cavitación (17). Debido al efecto de cavitación, el gas introducido se inserta en el líquido prácticamente en su totalidad. La cantidad de gas introducida puede ser por ejemplo de 285 g/h para oxígeno en agua de pozo a una temperatura de 15°C. Aquí, el tamaño medio de burbujas aún es relativamente grande. Dado que todo el espacio de las ondas acústicas de los convertidores de potencia acústicos (26, 28) está lleno de las ondas acústicas, las burbujas originadas por el elemento de cavitación (17) siguen siendo tratadas inmediatamente por la energía sonora, siendo reducidas a este respecto, resultando un tamaño medio de burbujas en el intervalo de nanómetros y produciéndose una gran parte de burbujas en el intervalo de ángstroms. Esto hace que una gran parte del gas introducido se disuelva, por así decirlo, de forma molecularmente dispersa en el líquido. Por lo tanto, todo el gas insertado permanece en el líquido durante un período de tiempo relativamente largo. Mediante este tratamiento sonquímico se disuelve en el líquido una parte del gas mayor que mediante procedimientos convencionales. El proceso de dos etapas según la invención está basado en el insertado del gas a través del elemento de cavitación (17) y el tratamiento subsiguiente de las burbujas de gas existentes ya en el líquido mediante las ondas acústicas emitidas por los convertidores de potencia acústicos (26, 28).

20 Dado que el procedimiento se desarrolla según el principio de flujo, también sería posible disponer el elemento de cavitación (17) y uno o ambos convertidores de potencia acústicos (26, 28) en diferentes cámaras conectadas entre ellas sólo a través de tuberías. Se ha mostrado que la separación puede elegirse tan grande que entre el paso por el elemento de cavitación (17) y por el convertidor de potencia acústico (26, 28) pueden transcurrir hasta 10 seg. durante los que el líquido pasa de una cámara a la otra cámara. Cabe señalar que la geometría del espacio (12) se elige de tal forma que todo el espacio es sonorizado permanentemente por las ondas acústicas de los convertidores de potencia acústicos (26, 28). Es posible disponer reflectores adecuados en el espacio (12).

25 La geometría del espacio (12) y la disposición de los convertidores de potencia acústicos (26, 28) están elegidas de tal forma que se forma la menor cantidad posible de ondas estancadas en el espacio (12).

30 En la disposición representada, el primer convertidor de potencia acústico (26), visto en el sentido de flujo, también puede empujarse para desgasificar el líquido antes de que este se vuelva a cargar con gas. El líquido que entra se expone directamente a las ondas acústicas del convertidor de potencia acústico (26), lo que hace que el gas disuelto ya en el líquido se expulse del líquido. Sólo entonces, el líquido llega a la zona del elemento de cavitación (17) donde se vuelve a cargar con un gas suministrado para este propósito.

35 Cuando aguas residuales procedentes de depuradoras se introducen en aguas superficiales, según el estado de la técnica están depuradas suficientemente, pero aún así siguen conteniendo una multitud de nutrientes, bacterias y gérmenes que son perjudiciales para la salud y que convierten en un riesgo para la salud bañarse en ríos y lagos. Por ello, los reglamentos de la UE prescriben una reducción de gérmenes incluso en caso de la conducción de las aguas al mar en playas.

40 Una aplicación prevista del dispositivo (10) y del procedimiento realizado con este es la depuración de agua, especialmente de aguas residuales. El dispositivo (10) puede emplearse, por ejemplo, en depuradoras para el tratamiento de las aguas residuales.

En esta aplicación, el gas suministrado preferentemente contiene ozono, pudiendo usarse como gas de partida oxígeno puro, o bien aire.

45 Para producir el ozono, en la zona del dispositivo de suministro de gas está prevista una irradiación con luz ultravioleta. Esta puede realizarse mediante una lámpara UV dispuesta, por ejemplo, en la zona del canal (22) o incluso del árbol hueco (18). En lugar de la lámpara UV también puede realizarse una irradiación con rayos X o rayos gama. En cualquier caso, el suministro de radiación energética tiene como consecuencia que una parte del oxígeno se transforma en ozono. Dado que la producción del ozono tiene lugar directamente cerca de la salida del gas, no existe el problema de que el ozono se descomponga entre la producción y la introducción en el líquido. Sin embargo, también es posible producir el ozono con un generador de ozono convencional y suministrarlo a continuación a las aguas residuales.

50 El gas puede alimentarse al sistema en forma líquida, por ejemplo, en forma de oxígeno líquido, siendo preferentemente ya gaseiforme al entrar en el canal (22).

55 El ozono disuelto en el líquido, preferentemente en forma molecularmente dispersa, junto con el tratamiento por las ondas ultrasónicas, conduce a la eliminación segura de gérmenes del líquido. Además de bacterias, se destruyen de forma segura también virus, esporas de hongos, así como proteínas, toxinas o, lo que es especialmente interesante, sustancias endocrinas. En las proteínas, la destrucción se realiza principalmente por la vía conocida, mediante una

desnaturalización, es decir, una reacción del ozono con determinados grupos químicos de la molécula proteica.

5 Gracias al procedimiento según la invención, el gas permanece durante más tiempo en disolución que en los procedimientos convencionales, ya que se alcanza un tamaño de burbujas muy pequeño. Las burbujas con diámetros de unos ángstroms o pocos nanómetros ya no se comportan como las burbujas de gas más grandes que suben directamente a la superficie, sino que, en parte, se comportan incluso de forma más pesada que el agua y se hunden al fondo. Además, tienen una vida notablemente más larga en el líquido que las burbujas de gas más grandes. Al contrario de las burbujas de gas más grandes, en las burbujas en el intervalo de ángstroms a nanómetros, la presión interna en las burbujas es aproximadamente igual a la presión ambiente en el líquido. Además, se unen mucho menos entre ellas formando burbujas más grandes, de forma que el componente de burbujitas minúsculas se mantiene durante muchísimo tiempo en el líquido.

10 De esta forma, por una parte, el ozono dispone de tiempo durante el que puede reaccionar con las sustancias en el agua y, por otra parte, también se produce una gran superficie de reacción por la fina distribución de las burbujas de gas en el líquido. Estos factores contribuyen a la eficacia notablemente mejorada del procedimiento según la invención frente a los procedimientos conocidos.

15 Con el procedimiento según la invención se puede producir una dispersión con burbujitas minúsculas en el intervalo de ángstroms a nanómetros, aumentando notablemente también la disolución química del gas en el líquido.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el tratamiento de un líquido que comprende los siguientes pasos:
  - introducir en un espacio (12) el líquido que se ha de tratar,
  - actuar mediante un elemento de cavitación (17) mecánico sobre el líquido efectuando un suministro de gas a la zona de la superficie del elemento de cavitación (17) e insertando el gas en el líquido mediante el movimiento del elemento de cavitación (17), e
  - introducción de ondas acústicas directamente en el líquido mediante al menos un convertidor de potencia acústico (26, 28).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque durante la introducción del líquido, el espacio (12) se llena completamente de líquido.
3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el convertidor de potencia acústico (26, 28) es un elemento piezoeléctrico.
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el convertidor de potencia acústico (26, 28) emite ondas acústicas de diferentes frecuencias, especialmente ondas acústicas situadas entre 400 y 1.500 kHz.
5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el convertidor de potencia acústico (26, 28) se hace funcionar de forma pulsada.
6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento de cavitación (17) mecánico rota.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque el elemento de cavitación (17) mecánico está configurado en forma de disco.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el suministro de gas se realiza en la zona de la velocidad de flujo más alta en la superficie del elemento de cavitación (17).
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el líquido fluye por el espacio (12) y, preferentemente, el elemento de cavitación (17) está dispuesto corriente arriba del convertidor de potencia acústico (28).
10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el líquido se desgasifica antes del tratamiento con el elemento de cavitación (17) y las ondas acústicas.
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al menos un convertidor de potencia acústico (26) está dispuesto corriente arriba del elemento de cavitación (17).
12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se usa para el tratamiento de agua, especialmente de agua potable o de aguas residuales.
13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se usa para la eliminación de gérmenes del líquido o para destruir bacterias, virus, proteínas, esporas de hongos, toxinas o sustancias endocrinas.
14. Dispositivo, especialmente para la realización del procedimiento descrito en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un espacio (12), un elemento de cavitación (17) mecánico dispuesto en el espacio (12),
  - caracterizado por
  - un dispositivo de suministro de gas, cuya salida desemboca directamente cerca de la superficie del elemento de cavitación (17) y
  - un convertidor de potencia acústico (26, 28) dispuesto en el espacio (12) de tal forma que irradia ondas acústicas directamente al espacio (12).
15. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizado porque el espacio (12) tiene, en la zona del elemento de cavitación (17), una sección transversal no rotacionalmente simétrica.

Fig. 2

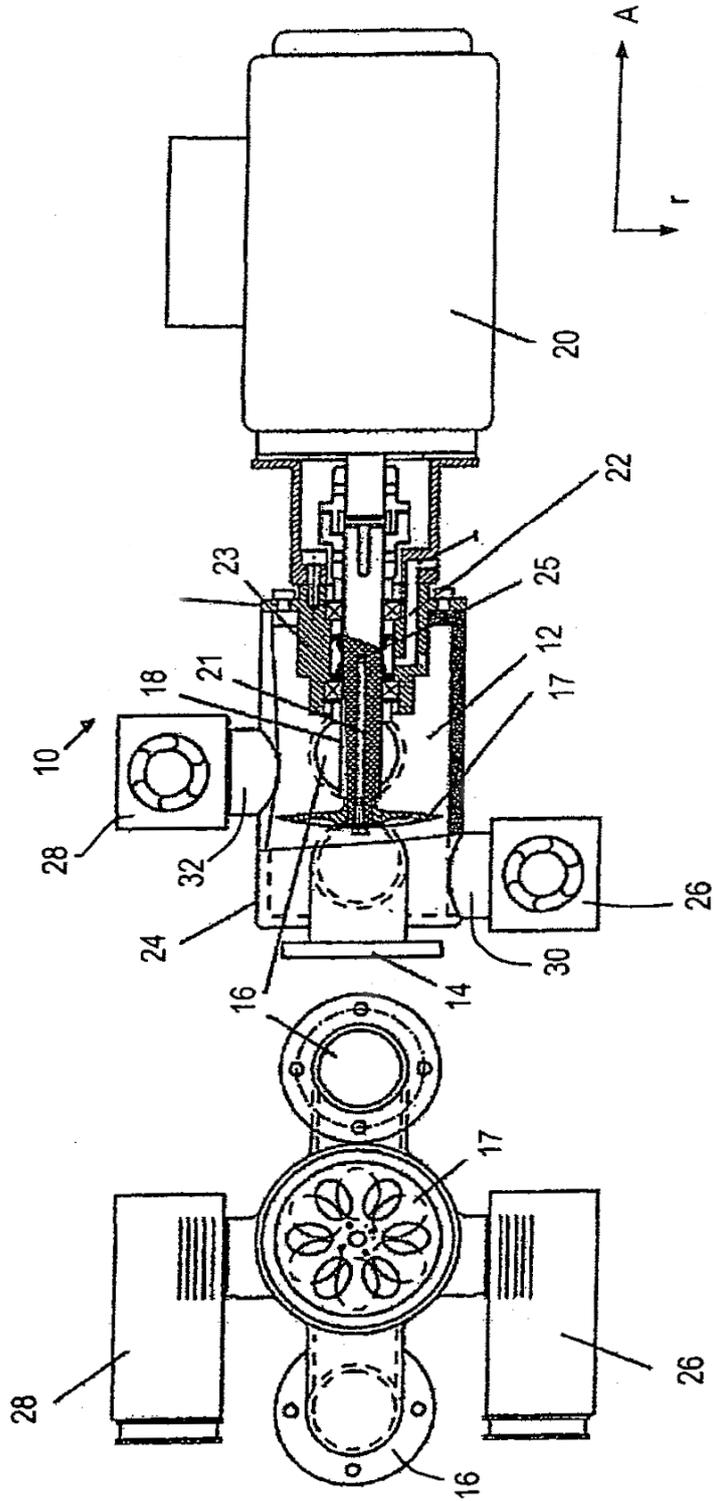


Fig. 1

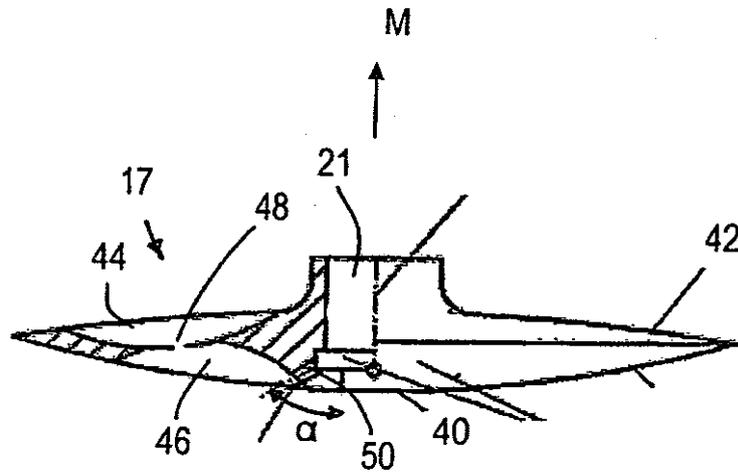


Fig. 3

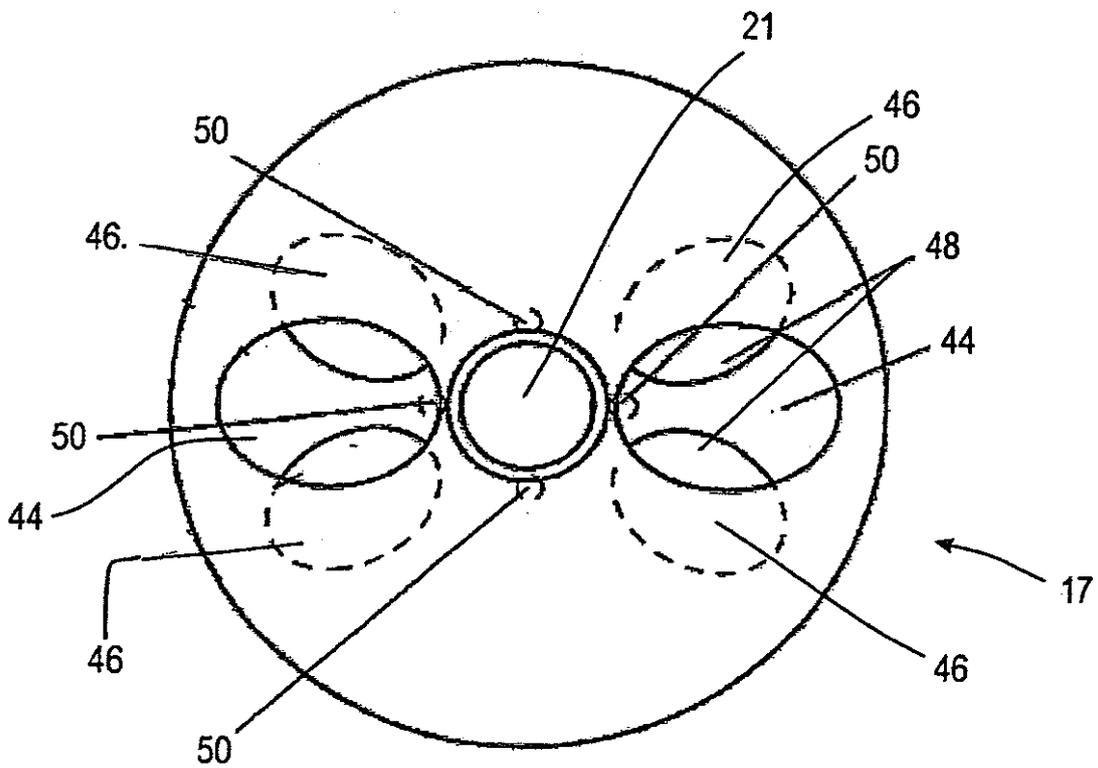


Fig. 4

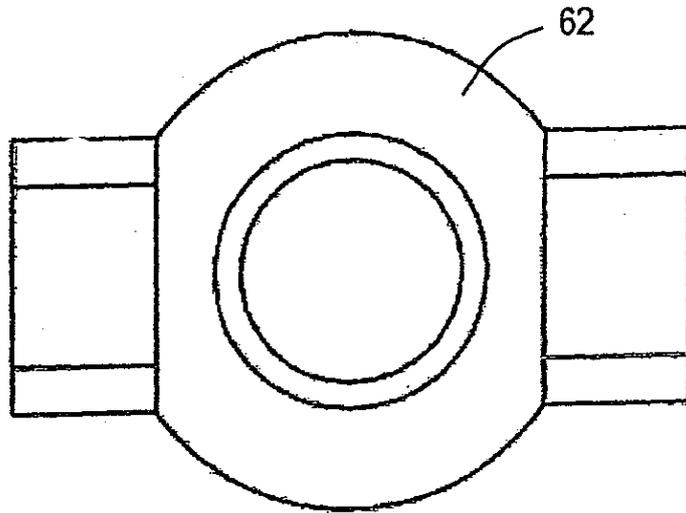


Fig. 5

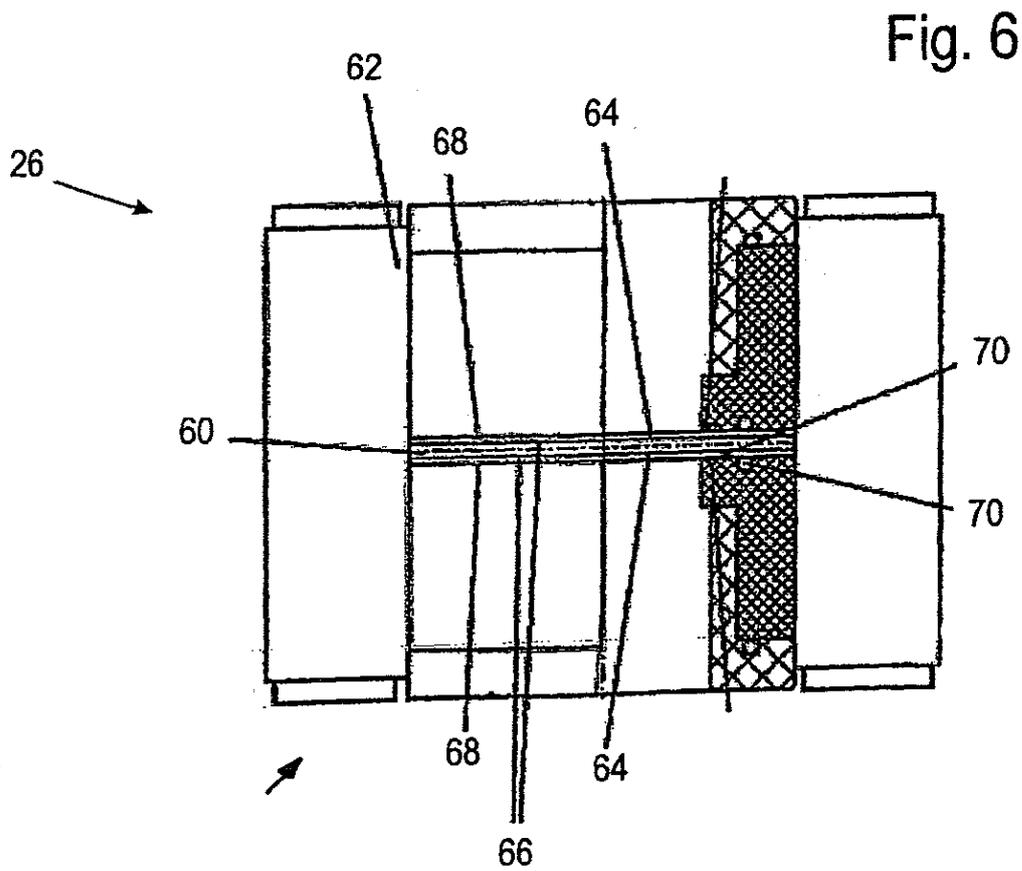


Fig. 6

Fig. 7

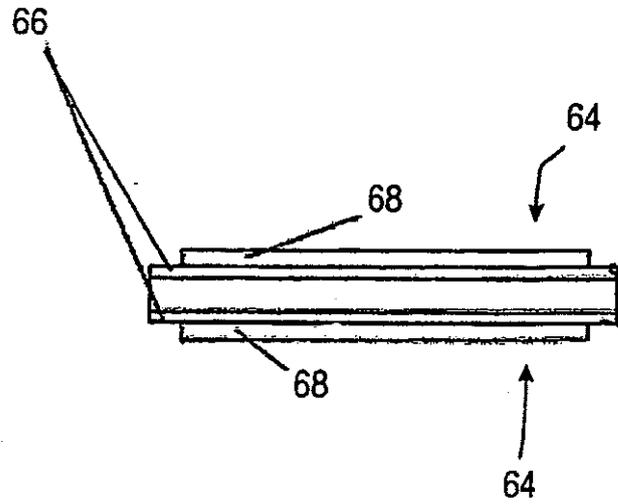
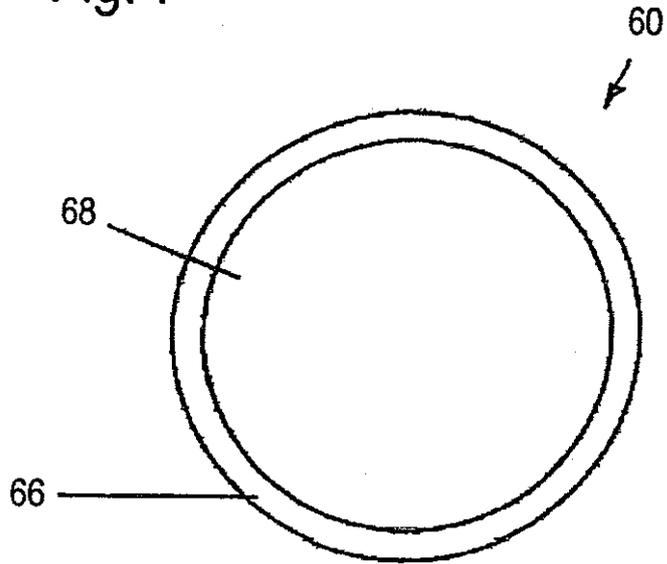


Fig. 8