

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 097**

51 Int. Cl.:

F25C 3/04 (2006.01)

B05B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2008 PCT/EP2008/058863**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2009 WO09077211**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2008 E 08785977 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2232171**

54 Título: **Cañón de nieve y procedimiento para generar nieve artificial**

30 Prioridad:

14.12.2007 EP 07123230

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

20.11.2019

73 Titular/es:

BÄCHLER TOP TRACK AG (100.0%)

Lohrensäge 2

6020 Emmenbrücke, CH

72 Inventor/es:

LEHNER, DANIELA;

FAUVE, MATHIEU;

KOCH, BRUNO y

DANGEL, CLAUS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 732 097 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

Cañón de nieve y procedimiento para generar nieve artificial

La invención se relaciona con un cañón de nieve y un procedimiento para generar núcleos de hielo y/o nieve artificial según el término genérico de las reivindicaciones independientes.

5 La elaboración de nieve artificial se conoce desde hace tiempo. Los cañones de nieves se utilizan hoy en un gran número de formas particularmente en ámbitos de deportes de invierno. Según un procedimiento conocido, además, en una llamada boquilla de nucleación se produce un haz de núcleos de hielo, que se pone en contacto con un haz de gotas de agua. Mediante la así denominada como germinación surge nieve de las gotas de agua que se enfrían.

10 Para producir los núcleos de hielo se enfría agua empleando aire comprimido y se vaporiza. Un parámetro esencial para una operación rentable de tales boquillas de nucleación es la cantidad de aire comprimido que tiene que utilizarse para lograr el efecto deseado. La cantidad de aire comprimido determina el aporte de energía y finalmente los costes de operación. Otro parámetro de operación esencial se relaciona con la temperatura de bulbo húmedo del entorno. Con cañones de nieve conocidos se puede generar nieve artificial a aproximadamente menos 3 a menos 4 grados. Se procura poder producir nieve artificial también a mayores temperaturas sin mayor aporte de energía.

15 Para generar núcleos de hielo se conocen, por ejemplo, boquillas de nucleación convergentes, en que la sección transversal en el canal de boquilla se estrecha continuamente en la dirección de la salida: Correspondientes boquillas se conocen, por ejemplo, de la FR 2 617 273, US 4,145,000, US 4,516,722, US 3,908,903 o FR 2 594 528. Se conocen además también boquillas de nucleación convergente-divergente según el principio de Laval. Estas boquillas de nucleación se muestran, por ejemplo, en la US 6,152,380, CA2015646C, US 4,903,895, US 3,716,190,
20 US 4,793,554 o en la US 4,383,646. Todas estas boquillas de nucleación conocidas requieren, sin embargo, un gran aporte de energía relativo para generar núcleos.

25 Para generar nieve artificial se conocen además formas de construcción de boquillas, que están directamente combinadas con las boquillas de agua. Correspondientes soluciones se conocen de la US 2006/0071091, US 5,090,619, US 5,909,844, WO94/19655 o US 5,529,242, así como WO90/12264. Así produce, por ejemplo, la boquilla conforme a la US 5,090,619 un flujo de burbujas, por lo que en la práctica a la salida de la boquilla sólo una muy baja proporción del agua conducida a través de la boquilla puede convertirse en hielo. La razón de flujos másicos (ALR; razón de los flujos másicos de aire a agua) asciende según estimación del solicitante únicamente a aproximadamente 0,01. Esta boquilla, por consiguiente, no es apropiado como boquilla de nucleación para generar núcleos de hielo.

30 La US 5,593,090 muestra una distribución, en que hay dispuesto un gran número de boquillas de agua adyacentes.

35 Generalmente habituales son los cañones de nieve, en los que sobre un cuerpo del cañón están dispuestas boquillas de nucleación y boquillas de agua mutuamente adyacentes, de forma que los núcleos de hielo y gotas de agua producidos se ponen en contacto entre sí en una zona de germinación adyacente al cuerpo del cañón. tales soluciones se muestran, por ejemplo, en la DE 10 2004 053 984 B3, US 6,508,412, US 6,182,905, US 6,032,872, US 7,114,662, US 5,810,251. Otros cañones de nieve se describen en la US 5,004,151, US 5,810,251 o FR 2 877 076.

Las boquillas de nucleación y cañones de nieve conocidos sufren, sin embargo, inconvenientes. Particularmente, se pueden emplear relativamente sólo a temperaturas de ambiente bajas y/o temperaturas del agua bajas.

40 Es, por tanto, un objeto de la presente invención, evitar los inconvenientes de lo conocido, particularmente, por consiguiente, una distribución, un dispositivo, un cañón de nieve, así como un procedimiento para generar núcleos de hielo y/o nieve artificial, que permitan la elaboración de nieve artificial con un aporte de energía lo menor posible y a temperaturas de ambiente y/o temperaturas del agua lo más altas posible.

Conforme a la invención, éste y otros objetos se resuelven conforme a la parte característica de las reivindicaciones independientes.

45 La boquilla de nucleación sirve para generar núcleos de hielo. La boquilla de nucleación presenta un canal de boquilla, provisto de al menos una abertura de entrada de aire comprimido y de al menos una abertura de entrada de agua. El agua introducida a través de la abertura de entrada de agua en el canal de boquilla se acelera con el aire comprimido y se suministra a través de una abertura de salida de la boquilla de nucleación y además se vaporiza.

La sección transversal del canal de boquilla se estrecha en una primera sección en la dirección de la abertura de salida a un diámetro de núcleo. Posteriormente se expande de nuevo la sección transversal del canal de boquilla en

una segunda sección en la dirección de la abertura de salida. La boquilla de nucleación es, por consiguiente, un boquilla convergente-divergente.

5 Conforme a la invención, la relación entre el área de la sección transversal de la abertura de salida y el área de la sección transversal del canal de boquilla en el rango del diámetro de núcleo es al menos de aproximadamente 4:1, preferentemente de aproximadamente 9:1. Se ha demostrado que con una geometría tal de boquilla puede incrementarse claramente la efectividad de la boquilla de nucleación y/o reducirse claramente el aporte de energía necesario. La geometría de la boquilla se selecciona en la segunda sección que se expande de tal forma que durante la operación en esa sección ocurra una baja presión. De este modo se obtiene una menor temperatura del aire comprimido en la boquilla, con lo que también puede reducirse adicionalmente la temperatura del agua. Esto ofrece la ventaja de que incluso a altas temperaturas del agua hasta 10° C se logra aún suficiente enfriamiento en la boquilla sin que la razón de flujo másico de aire a agua tenga que elevarse. Al mismo tiempo, la geometría conlleva que, tras la abertura de salida en el medio saliente debido a la compensación de presiones, se formen ondas de presión. Las ondas de presión aparecen siempre que la presión de salida de la boquilla no corresponda exactamente a la presión ambiental. Con la alta relación de superficies se garantiza que las ondas de presión sólo se produzcan cuando el aire comprimido se aproveche óptimamente.

Se supone que con la boquilla de nucleación la energía de transformación para generar núcleos de hielo se origina sólo de un ligero subenfriamiento. Al mismo tiempo, las ondas de presión formadas selectivamente tras la abertura de salida sirven para desencadenar la solidificación de los núcleos de hielo.

20 Las boquillas de nucleación con diferentes relaciones de superficies se expusieron en el canal de climatización a condiciones extremas, es decir, altas temperaturas ambientales, muy altas temperaturas del agua y una gran proporción de agua en la boquilla de nucleación. En boquillas de nucleación con alta relación de superficies era perceptible en tales condiciones aún un efecto de granizo de núcleos de hielo.

El ángulo completo del canal de la boquilla es a lo sumo de 30 grados, preferiblemente de aproximadamente 10 a 20 grados.

25 Se ha demostrado que, con tal ensanchamiento y longitud del canal de boquilla, se producen resultados óptimos. Particularmente, se requiere una cierta longitud del canal de la boquilla en la región de ensanchamiento para que el enfriamiento del aire comprimido durante la aceleración pueda enfriar suficientemente las gotas de agua arrastradas. para este proceso de compensación necesita suficiente tiempo.

30 Sin embargo, la geometría de boquilla descrita anteriormente también es ventajosa para una distribución mayor para generar núcleos de hielo. Esta distribución puede comprender una pieza de la boquilla, en la que la entrada de agua y la entrada de aire comprimido no se llevan a cabo a través de aberturas separadas, sino a través de al menos una abertura común de entrada de la boquilla para una mezcla de agua-aire ya existente. Por supuesto, sin embargo, la disposición también contiene al menos una abertura de entrada de aire comprimido y al menos una abertura de entrada de agua. La abertura de entrada de aire comprimido y la de entrada de agua pueden ubicarse fuera de la pieza de la boquilla. La distribución contiene, por consiguiente, un canal de boquilla o varios canales de boquilla, donde la respectiva sección transversal del canal de boquilla se estrecha en una primera sección en la dirección de la abertura de salida hasta un diámetro de núcleo y donde la sección transversal del canal de boquilla posteriormente se ensancha en la dirección de la abertura de salida en una segunda sección, donde la razón del área de la sección transversal de la abertura de salida al área de la sección transversal del canal de boquilla en la zona del diámetro de núcleo asciende a, al menos, 4 : 1, preferentemente aproximadamente 9 : 1. Dado que con esta parte de la boquilla también se pueden producir núcleos de hielo, además también se usa el término "boquilla de nucleación" por simplicidad.

45 Conforme a un aspecto alternativo de la invención, el canal de la boquilla de una boquilla de nucleación está formado en la sección que se ensancha de tal manera que, al operar la boquilla en la sección en expansión, se ajuste una presión de menos de 0,6 bar, preferiblemente de alrededor de 0,2 bar. Al mismo tiempo, el canal de la boquilla está diseñado de tal manera que se produzcan ondas de presión en el medio saliente tras la abertura de la salida. Con una boquilla de nucleación diseñada específicamente para lograr esta condición de operación, se puede reducir en gran medida el consumo de aire comprimido.

50 En función de la aplicación, la boquilla de nucleación puede diseñarse como boquilla de chorro esférico o como boquilla de chorro plano.

Típicamente, en la boquilla de nucleación, la abertura de entrada de agua está dispuesta lateralmente en el canal de la boquilla. Preferiblemente, el agua entra en el canal de la boquilla en un ángulo de 90 grados.

Una boquilla de nucleación favorable puede producirse, cuando el canal de boquilla presente una sección aproximadamente cilíndrica para formar una cámara de mezcla, a la que sigue la primera sección que se estrecha.

Además, la abertura de entrada de agua puede estar en la sección cilíndrica. La abertura de entrada de agua puede estar dispuesta, por ejemplo, respecto a la dirección axial aproximadamente en el centro en la sección cilíndrica.

5 El correspondiente tramo de mezclado entre la abertura de entrada de agua y la primera sección que se estrecha puede ser, en un modo de operación preferido, mayor que el doble del diámetro de la abertura de entrada de aire comprimido (que corresponde al diámetro de la sección cilíndrica) y de manera especialmente preferente al menos el triple de ese diámetro, para posibilitar la formación de un flujo de gotas lo más homogéneo posible.

En un modo de operación preferido, el canal de boquilla o la distribución en conjunto puede diseñarse de tal forma que en la zona del tramo de mezclado se produzca una fina/o dispersión y/o flujo de gotas. Con esta forma de flujo es posible una pulverización especialmente fina, lo que conlleva un gran número de núcleos de hielo.

10 El canal de boquilla puede dimensionarse, en función de la sección transversal de la(s) una o varias abertura(s) de entrada de agua y el área de la sección transversal en la zona del diámetro de núcleo de la(s) una o varias boquillas de nucleación, de tal forma que en los rangos de presión habituales en la industria de fabricación de nieve pueda ajustarse una relación de los flujos másicos de aire a agua (ALR) en el rango de 0,3 a 1,9 y de manera especialmente preferente de 0,3 a 1,7 (por ejemplo, ALR=0,6 o ALR=1,9). En la industria de fabricación de nieve se usan habitualmente boquillas de nucleación con presiones de agua de 12 a 60 bar abs. y presiones de aire de 7 a 10 bar abs. En este rango de la relación de flujo másico, por un lado, puede producirse un gran número de núcleos de hielo y, por otro lado, con la boquilla de nucleación descrita también en rangos de temperatura críticos (temperatura del agua a 10°C y temperatura de bulbo húmedo del aire a -0.5 °C) se sigue garantizando la congelación de las pequeñas gotas de agua en núcleos de hielo.

20 Para obtener razones de flujo másico en el rango de 0,3 a 1,7 y así lograr una formación óptima de núcleos de hielo, la razón del área de la sección transversal del canal de boquilla en la zona del diámetro de núcleo respecto al área de la sección transversal de la(s) una o varias aberturas de entrada de agua puede hallarse en el rango de 8 : 1 a 40 : 1 y preferentemente es aproximadamente 32 : 1. Para relaciones de las presiones absolutas de agua a aire en el rango de 1,2 a 3 han demostrado ser particularmente ventajosas las relaciones de superficies de 9 : 1 y a relaciones de presión de 3 a 8 han demostrado ser especialmente ventajosas las relaciones de superficies de 35 : 1. Siempre que la distribución disponga, por ejemplo, de una pluralidad de canales de boquilla con los correspondientes diámetros de núcleo, habrá de seleccionarse, para la relación citada de áreas de sección transversal, como magnitud de referencia el área total de la sección transversal del diámetro de núcleo.

30 Puede ser ventajoso para ciertas aplicaciones, que la sección de canal con la sección transversal más estrecha y / o la sección que se ensancha adyacente esté diseñada para ser relativamente larga. Por lo tanto, las gotas de agua tienen suficiente tiempo para enfriarse, por lo que se puede optimizar la producción de núcleos de hielo. La longitud (LE) de la sección del canal con la sección transversal más estrecha puede ser, por ejemplo, al menos dos veces, preferiblemente cinco veces, y más preferiblemente al menos diez veces, el diámetro del núcleo.

35 Especialmente en términos de diseño, puede ser ventajoso que la boquilla de nucleación esté predeterminada por un componente configurado una sola pieza. Dicho componente también puede instalarse fácilmente, por ejemplo, en un cañón de nieve.

40 En un modo de operación favorable la distribución puede tener al menos dos y preferentemente tres aberturas de salida. Las aberturas de salida pueden asignarse cada una preferiblemente a una boquilla de nucleación. Las aberturas de salida pueden estar conectadas a través de una división de canales con una cámara común de mezcla, en que puede alimentarse a través de la, al menos una, abertura de entrada de aire comprimido y a través de la, al menos una, abertura de entrada de agua aire y agua para la mezcla aire-agua. En esta distribución, las boquillas de nucleación disponen de una entrada común para el aire comprimido y el agua (en lugar de entradas separadas de aire comprimido y agua).

45 Resulta especialmente favorable una cámara de mezcla, cuya área de la sección transversal sea como máximo 9 veces, preferentemente aproximadamente 7 veces más grande que el área de sección transversal en la zona del diámetro de núcleo. El tramo de mezclado puede corresponder a, al menos, 5 veces, preferentemente al menos 12 veces el diámetro interno de la cámara de mezcla. Con una cámara de mezcla tal puede lograrse un flujo de gotas especialmente homogéneo y, asociado con ello, una pulverización muy fina. Una pulverización fina conlleva un gran número de gotas y, junto con las gotitas que se enfrían muy rápidamente en el flujo de gotitas finamente dispersas, también un gran número de núcleos de hielo. Una pieza tubular de este tipo para formar una cámara de mezcla puede ser también ventajosa en combinación con boquillas de nucleación convencionales.

La cámara de mezcla puede estar formada por una pieza tubular aproximadamente cilíndrica hueca, donde la, al menos una, abertura de entrada de aire comprimido se dispone frontalmente en la pieza tubular y la, al menos una, abertura de entrada de agua, del lado de la cubierta en y/o sobre la pieza tubular. Por supuesto, es posible elegir

otras formas, en vez de una pieza tubular cilíndrica hueca. Particularmente, la forma externa de la pieza tubular no tiene que ser necesariamente cilíndrica o parcialmente cilíndrica.

5 Al menos en la zona de la, al menos una, abertura de entrada de agua, particularmente en la cubierta externa de la pieza tubular, puede disponerse un medio filtrante. La, al menos una, abertura de entrada de agua podría cerrarse en cada caso a través de un único elemento filtrante. Resulta especialmente ventajoso, sin embargo, que el medio filtrante sea un elemento filtrante vaginiforme, que se dispone a una distancia alrededor de la pieza tubular para formar un espacio de abertura anular. Esta distribución filtrante proporciona, por un lado, un buen efecto filtrante y, por otro lado, se puede reducir considerablemente el coste de mantenimiento. En una distribución con una división de canales puede ser ventajoso, que, para alimentar la pluralidad de boquillas de nucleación, se use un medio filtrante común (en vez de en cada caso medio filtrante por boquilla de nucleación). Dicho medio filtrante central puede hacerse relativamente grueso (por ejemplo, presentan mayores amplitudes de malla).

15 La distribución puede presentar para conducir el agua al canal de boquilla, al menos una línea de agua paralela a la pieza tubular, provista de al menos un taladro de paso, preferentemente tubular o anular en la sección transversal, donde a través de uno o varios orificios de paso puede alimentarse agua en la, al menos una, abertura de entrada de agua.

La pieza tubular y las boquillas de nucleación asignadas a las aberturas de salida pueden orientarse entre sí aproximadamente en un ángulo recto. Por consiguiente, la mezcla aire-agua se desvía en el canal de boquilla aproximadamente en ángulo recto, con lo que puede lograrse una disposición ahorradora de espacio.

20 A las aberturas de salida pueden asignárseles boquillas de nucleación, que están distribuidas en una circunferencia alrededor de un eje y que están cada una orientada alejándose radialmente. Tal distribución es particularmente apropiada para su incorporación en un cañón de nieve.

25 Puede ser particularmente ventajoso que la distribución disponga de un cabezal, al que se fijan o pueden fijarse las boquillas de nucleación preferentemente a través de una unión roscada. El cabezal puede tener, para formar la división de canales, un canal central, que discurra en la dirección de su eje, que se divide en radialmente del eje alejados canales de suministro para alimentar las respectivas boquillas de nucleación.

Otro aspecto se refiere al uso de una distribución como la descrita anteriormente, particularmente de la boquilla de nucleación descrita anteriormente, para producir núcleos de hielo para un aparato para producir nieve artificial. Por consiguiente, otro aspecto más de la invención se refiere a un aparato para producir nieve artificial, tal como, por ejemplo, una lanza de nieve o cañón de nieve con al menos una de estas boquillas de nucleación.

30 Otro aspecto de la invención se relaciona además con un cañón de nieve con al menos una distribución para generar núcleos de hielo, particularmente al menos una boquilla de nucleación y al menos una boquilla de agua para generar gotas de agua. Típicamente, pero no necesariamente, se usa además una boquilla de nucleación en la forma descrita anteriormente. Con la boquilla de nucleación pueden producirse núcleos de hielo. Con la boquilla de agua puede producirse un haz de gotas de agua. Tras recorrer un tramo de núcleo de hielo y/o tras recorrer un tramo de gota, el haz de núcleos de hielo y el haz de gotas se encuentran en una zona de germinación. Conforme a este aspecto de la invención, el cañón de nieve se configura de forma que el tramo de núcleo de hielo ascienda a, al menos, 10 cm, preferentemente de aproximadamente 20 a 30 cm. Al mismo tiempo, el tramo de gota es de al menos 20 cm, preferiblemente de aproximadamente 40 a 80 cm.

40 Los tramos de núcleo de hielo y/o tramos de gota relativamente largos en comparación con el estado actual de la técnica permiten una mejor congelación de las gotas de núcleos de hielo ligeramente congeladas sólo externamente tras la salida de la boquilla de nucleación y/o un mejor enfriamiento de las gotitas de agua generadas por la boquilla de agua. El tramo de gota más largo permite una mayor disipación de energía al ambiente mediante convección y evaporación. Porque las gotas de agua pueden enfriarse relativamente mucho de este modo (óptimamente por debajo de 0° C), los núcleos de hielo no se funden en contacto con las gotas de agua. Mientras que en ensayos se ha encontrado especialmente ventajoso un tramo de gota de 20 a 80 cm, en principio sería concebible otra prolongación del tramo de gota. En general se intenta configurar el tramo de gota lo más largo posible, donde debería garantizarse, que el haz de gotas no se expanda demasiado.

50 Se ha descubierto sorprendentemente que la máxima temperatura de nevada (temperatura de bulbo húmedo) se puede elevar con la distribución unos de 2 a 3 grados Celsius. Típicamente, el límite de nevada con el cañón de nieve conforme a la invención asciende a aproximadamente menos 1 grado en comparación con un límite de nevada de menos 3 a menos 4 grados en el caso de los cañones de nieve conformes al estado actual de la técnica. Además, con la distribución y la boquilla de nucleación podría lograrse una masiva reducción del consumo de aire en al menos un 50 % respecto al estado actual de la técnica.

5 Preferentemente el cañón de nieve presenta un cuerpo del cañón con una forma esencialmente cilíndrica. La boquilla de nucleación está dispuesta además respecto al eje del cuerpo del cañón radialmente u orientada hasta un ángulo de 45 grados inclinadamente hacia arriba, o sea, lejos del cuerpo del cañón. Aquí y además se hablará en cada caso de una boquilla de nucleación y/o de una boquilla de agua. Claramente, las siguientes ejecuciones también se refieren a disposiciones con más de una boquilla de nucleación y/o más de una boquilla de agua.

10 Conforme a otro ejemplo de ejecución preferido, la boquilla de agua se dispone en ángulo respecto a un plano perpendicular al eje del cuerpo del cañón. La boquilla de agua está dirigida además hacia la boquilla de nucleación. Esto se traduce en un haz de gotas situado aproximadamente sobre una superficie cónica. Al suministrarse los haces de gotas en una dirección preferida, se arrastra consigo el aire que rodea al chorro de gotas. Mediante el mayor intercambio de aire puede disiparse mejor la energía requerida para la solidificación. De este modo se produce otro incremento de la efectividad del cañón de nieve conforme a la invención.

15 Cuando se empleen varias boquillas de nucleación, éstas estarán favorablemente dispuestas uniformemente a lo largo del perímetro sobre el cuerpo de lanza cilíndrico. Al mismo tiempo, en este caso, al usar varias boquillas de agua, éstas también se disponen distribuidas a lo largo del perímetro sobre el cuerpo del cañón. Con tales disposiciones se pueden obtener resultados de nevada especialmente homogéneos.

20 Conforme a otro modo de operación especialmente preferente, el cuerpo del cañón está provisto de dos grupos diferentes de boquillas de agua. Las boquillas de agua de ambos grupos están dispuestas en dos posiciones axiales diferentes en el cuerpo del cañón. La diferente posición axial conlleva que los tramos de gota de las gotas de agua generadas con las boquillas de agua de los diferentes grupos sean diferentes. Una distribución tal permite seleccionar conscientemente, en función de la temperatura de ambiente, tramos de gota más largos o más cortos. Además, es particularmente ventajoso que a los grupos de las boquillas de agua en las diferentes posiciones les incida individualmente agua. A menores temperaturas ambientales bastan tramos de gota breves relativamente. Entonces se hace incidir además agua sobre las boquillas de agua, que se hallan más alejadas de las boquillas de nucleación. A mayores temperaturas se expone al agua el grupo de las boquillas de agua, que se encuentre más lejos de la boquilla de nucleación. De este modo se origina un mayor tramo de gota. Existe, por tanto, más tiempo para el enfriamiento de las gotas de agua.

Las respectivas boquillas de agua de los al menos dos grupos de boquillas de agua pueden orientarse de tal forma que los haces de gotas generados con las boquillas de agua sólo incidan sobre el haz de núcleos de hielo, cuando el tramo de núcleo de hielo sea de al menos 10 cm, particularmente de aproximadamente 20 a 30 cm.

30 Para determinadas aplicaciones puede ser ventajoso, que al menos un grupo de boquillas de agua esté dispuesto axialmente por debajo de la, al menos una, boquilla de nucleación y que esté previsto al menos otro grupo de boquillas de agua, que se disponga por encima de la, al menos una, boquilla de nucleación. Estas boquillas de agua adicionales pueden elevar aún más el rendimiento de la fabricación de nieve.

35 Particularmente cuando se usen varias boquillas de nucleación, por ejemplo, al usar seis boquillas de nucleación, se ha demostrado ventajoso disponer las boquillas de nucleación respecto a las boquillas de agua visto en la dirección perimetral sobre el cuerpo del cañón mutuamente desplazadas. De este modo se produce una mezcla especialmente efectiva en la zona de germinación.

40 En otro modo de operación, el cañón de nieve puede contener, para especificar una cámara de mezcla, una pieza tubular preferentemente casi cilíndrica hueca, a la que se conecta fluidamente la, al menos una, boquilla de nucleación. La pieza tubular puede además estar dispuesta preferentemente axialmente paralela al eje del cuerpo del cañón en el cuerpo del cañón, con lo que puede lograrse un diseño delgado para el cañón de nieve.

Para alimentar agua a la, al menos una, boquilla de nucleación y a la, al menos una, boquilla de agua, se puede prever una línea de suministro común.

45 Otro aspecto se refiere a un procedimiento para generar núcleos de hielo para la producción de nieve artificial. Particularmente se usa además una boquilla de nucleación como la anteriormente descrita. Una corriente de agua y aire comprimido se conduce además a través de un canal de boquilla. El canal de boquilla se reduce en una primera sección hasta un diámetro de núcleo. En una segunda sección se ensancha de nuevo el canal de boquilla hacia una abertura de salida. Según el procedimiento conforme a la invención, la corriente se conduce en la zona que se ensancha con una presión de menos de 0,6, preferentemente de aproximadamente 0,2 bar. Además, tras la salida de la abertura de salida, se producen ondas de presión en el medio emergente. Se supone que estas ondas de presión sirven para desencadenar la solidificación de los núcleos de hielo y, por lo tanto, permiten reducir la energía a aportar para la solidificación.

Otro aspecto más de la invención se refiere a un procedimiento para generar nieve artificial. Según este procedimiento se producen, en al menos una boquilla de nucleación núcleos de hielo y en al menos una boquilla de

5 agua gotas de agua mediante pulverización de agua. Típicamente se usa una boquilla de nucleación como la anteriormente descrita. El haz de gotas generado con la boquilla de agua y el haz de núcleos de hielo generado con la boquilla de nucleación se combinan en una zona de germinación. Conforme a la invención, el haz de núcleos de hielo se lleva a lo largo de un tramo de núcleo de hielo de al menos 10 cm, preferentemente de aproximadamente 20 a 30 cm. Además, el haz de gotas se lleva a lo largo de un tramo de gota de al menos 20 cm, preferentemente de aproximadamente 40 a 80 cm.

10 Según una formación preferida del procedimiento conforme a la invención, en función de la temperatura de bulbo húmedo del entorno, en un primer Intervalo de temperatura, se generan gotas de agua con boquillas de agua a una primera distancia de la boquilla de nucleación. En un segundo intervalo de temperatura inferior, las gotas de agua son generadas por boquillas de agua, dispuestas a una segunda distancia, menor que la primera distancia, de la boquilla de nucleación. De este modo se puede seleccionar un tramo de gota óptimo, en función de temperatura de bulbo húmedo del entorno.

El haz de gotas de las boquillas de agua adicionales puede guiarse a lo largo de un tramo de gota de al menos 20 cm, particularmente 40 cm a 80 cm a una zona de germinación.

15 Alternativa o adicionalmente, el haz de gotas de las boquillas de agua adicionales puede conducirse a lo largo de un tramo de gota de al menos 20 cm, particularmente de 40 cm a 80 cm a una segunda zona de germinación, donde gotas ya congeladas de los grupos de boquillas de agua y/o núcleos de hielo aún existentes de la boquilla de nucleación en una especie de germinación secundaria inoculan las gotas y con ello posibilitan su congelación.

La invención se describe además más a fondo en ejemplos de ejecución y en base a los dibujos. Muestran:

- 20 Figura 1: Representación esquemática de un proceso de nevada;
- Figura 2: Sección transversal de una boquilla de nucleación;
- Figura 3: Evolución de la temperatura del agua en la boquilla de nucleación según la Figura 2;
- Figura 4: Vista lateral de un cañón de nieve conforme a la invención;
- 25 Figura 5: Corte a través del cañón de nieve según la Figura 4 a lo largo de un plano perpendicular al eje del cañón de nieve;
- Figura 6: número de Mach, temperatura homogénea y presión homogénea a la salida de una boquilla de nucleación en función de la relación de superficies entre diámetro de núcleo y abertura de salida;
- Figura 7: Representación gráfica del contenido en hielo en función del tramo de gota en un cañón de nieve conforme a la invención,
- 30 Figura 8: tramo de gota óptimo teórico en función de la temperatura del agua y de la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiental,
- Figura 9: Representación en perspectiva de una parte superior de un cañón de nieve según un segundo ejemplo de ejecución,
- Figura 10: Vista lateral del extremo superior del cañón de nieve según la Figura 9,
- 35 Figura 11: Sección transversal del cañón de nieve en la zona de las boquillas de nucleación (línea de corte A-A según la Figura 10),
- Figura 12: Vista superior sobre el cañón de nieve según la Figura 9,
- Figura 13: Vista seccionada del cañón de nieve a lo largo de la línea de corte F-F según la Figura 11,
- Figura 13a: Vista seccionada del cañón de nieve a lo largo de la línea de corte H-H según la Figura 11,
- 40 Figura 14: Otra vista superior sobre el cañón de nieve con la representación de una línea de corte adicional,
- Figura 15: Vista seccionada del extremo superior del cañón de nieve a lo largo de la línea de corte B-B según la Figura 14,

Figura 16: Detalle C de la Figura 15,

Figura 17: Representación en perspectiva de una pieza tubular y de tres boquillas de nucleación para el cañón de nieve según la Figura 9,

Figura 18: Vista lateral con un corte parcial de la pieza tubular en representación ampliada,

5 Figura 19: Sección transversal a través de la boquilla de nucleación según la Figura 17 en representación muy ampliada,

Figura 20: Vista lateral de un cuerpo del cañón para el cañón de nieve,

Figura 21: Sección transversal a través del cuerpo del cañón (línea de corte H-H según la Figura 20), y

Figura 22: Otra sección transversal a través del cuerpo del cañón (línea de corte G-G según la Figura 20).

10 La Figura 1 muestra esquemáticamente la producción de nieve artificial con un cañón de nieve. En una boquilla de nucleación 20 o 50 se generan núcleos de hielo 28. En una boquilla de agua 30 se generan gotas de agua 32. Las gotas de agua 32 se desplazan a lo largo de un tramo de gota 31 hasta una zona de germinación E. Los núcleos de hielo 28 se desplazan a lo largo de un tramo de núcleo de hielo 21 hasta la zona de germinación E. En la zona de germinación E entran en contacto las gotas de agua 32 con los núcleos de hielo 28 y se inoculan. En el camino a lo largo del tramo de gota 31 se enfrían las gotas de agua 32 atomizadas con la boquilla de agua 30. Las gotas de agua inoculadas con núcleos de hielo solidifican posteriormente en una zona de solidificación 40 y caen al suelo como nieve típicamente tras una altura de caída H de aproximadamente 10 metros.

15 La Figura 2 muestra en sección transversal una boquilla de nucleación 20. La boquilla de nucleación 20 presenta una abertura lateral de entrada de agua 22 y una abertura axial de entrada de aire comprimido 24. La abertura de entrada de agua 22 desemboca aproximadamente perpendicularmente en un canal de boquilla 25. La abertura de entrada de aire comprimido 24 se encuentra sobre el eje del canal de boquilla 25.

20 La boquilla de nucleación 20 está formada como boquilla convergente-divergente. Esto significa, que el canal de boquilla 25 se estrecha en diámetro en una primera sección hasta un diámetro de núcleo 26. En una segunda zona que se ensancha 27, el canal de boquilla 25 se ensancha nuevamente desde el diámetro de núcleo 26 hacia una abertura de salida 23.

25 En el ejemplo de ejecución mostrado en la Figura 2, el canal de boquilla está formado con una sección transversal redonda. El diámetro DM de la abertura de entrada de aire comprimido 24 asciende a 2,0 mm. el diámetro DLW de la abertura de entrada de agua 22 asciende a 0,15 mm. El diámetro de la sección transversal DK del canal de boquilla 25 en la zona del diámetro de núcleo 26 asciende a 0,85 mm, mientras que el diámetro de la sección transversal DA del canal de boquilla 25 en la zona de la abertura de salida 23 asciende a 2,5 mm. La razón entre el área de la sección transversal en la zona de la abertura de salida 23 y en la zona del estrechamiento 26 se selecciona, conforme a la invención, lo más alta posible. En el presente ejemplo de ejecución la razón asciende a aproximadamente 9:1.

30 Durante el funcionamiento normal de la boquilla de nucleación, se introduce a través de la abertura de entrada de aire comprimido 24 aire a una presión de 6 a 10 bar (presión absoluta de aire) en una cantidad de hasta como máximo 50 litros estándar (NI) por minuto. Al emplear típicamente 6 boquillas de nucleación por lanza se produce un consumo máximo de aire de 300 litros estándar (NI) por minuto. A través de la abertura de entrada de agua 22 se introduce agua con una presión entre 15 y 60 bar (presión absoluta de aire) en el canal de boquilla 25. Con las presiones indicadas se producen en la boquilla de nucleación relaciones de flujos másicos de aire y agua de aproximadamente 0,6 a 1,9. En ciertos casos, sin embargo, son también concebibles relaciones de flujo másico de aire y agua 0.3 a 1.7.

35 En la relación de superficies mostrada en la Figura 2 entre el estrechamiento 26 y la abertura de salida 23 y para un ángulo de cono completo α de aproximadamente 20 grados en la zona que se ensancha 27 se produce para los parámetros operativos mencionados en la zona que se ensancha 27 una presión de aproximadamente 0,2 bar. Si la relación de superficies permanece igual, el ángulo α puede seleccionarse arbitrariamente en un determinado rango, donde sin embargo se prefieren ángulos más pequeños. El mayor tiempo de residencia en la boquilla asociado con ello deja más tiempo a las gotas de agua arrastradas para enfriarse.

40 La Figura 3 muestra esquemáticamente la operación de la boquilla de nucleación 20 de la Figura 2 para generar núcleos de hielo. En el ejemplo supuesto en la Figura 3, la temperatura del agua TW asciende originalmente a aproximadamente 2° C. Mediante el estrechamiento de la sección transversal y el posterior ensanchamiento se

enfria el agua mediante el aire comprimido. Se lleva a cabo un enfriamiento a típicamente de -1°C a -2°C . Este enfriamiento es menor que el enfriamiento asumido con boquillas de nucleación convencionales de -8°C a -12°C . Correspondientemente, el consumo de aire comprimido es claramente menor con la boquilla de nucleación 20.

5 Debido a la selección específica de la geometría en la zona que se ensancha 27 se produce una baja presión relativamente mayor hasta la abertura de salida 23. Al mismo tiempo se forman selectivamente ondas de presión compensadoras de presión en la zona 29, que soportan la formación de núcleos de hielo o desencadenan la solidificación. Con MS se designa un tramo de mezclado para la mezcla aire-agua de la cámara de mezcla del canal de boquilla 25. El tramo de mezclado MS es, en el presente ejemplo de ejecución, aproximadamente 3,5 veces mayor que el diámetro DM del canal de boquilla en la zona del tramo de mezclado. Los tramos de mezclado 10 relativamente largos conducen a un favorable flujo de gotas finamente dispersas.

La boquilla de nucleación mostrada en la Figura 2 se puede utilizar en principio para producir núcleos de hielo en cañones de nieve o en lanzas de nieve.

15 La Figura 4 muestra un cañón de nieve 1, provisto de tres boquillas de nucleación 20 (en la Figura 4 en vista lateral sólo puede verse una boquilla de nucleación 20). El cañón de nieve 1 presenta un cuerpo del cañón 10. El cuerpo del cañón 10 está formado esencialmente con una geometría cilíndrica. Las boquillas de nucleación 20 están dispuestas en un extremo del cuerpo del cañón 10 a lo largo de su perímetro orientadas radialmente hacia fuera.

20 En el cuerpo del cañón 10 se disponen además dos grupos de boquillas de agua 30, 30'. En la Figura 4 en la vista lateral puede verse en cada caso sólo una boquilla de agua de un grupo. Típicamente se disponen por grupo tres boquillas de agua 30 y/o 30' uniformemente a una distancia de 120 grados a lo largo del perímetro del cuerpo del cañón 10.

25 Las boquillas de agua 30 y/o 30' se disponen inclinadas respecto a un plano perpendicular al eje A del cuerpo del cañón 10. Además, el ángulo β de las boquillas de agua 30 dispuestas más lejos de la boquilla de nucleación 20 se selecciona menor que el ángulo β' de las boquillas de agua 30' situadas más cerca de la boquilla de nucleación 20. Típicamente, el ángulo β de las boquillas de agua 30 asciende a aproximadamente 30 grados y el ángulo β' de las boquillas de agua 30' a aproximadamente 50 grados.

Los núcleos de hielo recorren, tras salir de la boquilla de nucleación 20, un tramo de núcleo de hielo 21. Las gotas de agua generadas con las boquillas de agua 30 y/o 30' se encuentran tras recorrer un tramo de gota 31 y/o 31' en la zona de germinación E con los núcleos de hielo.

30 En el ejemplo de ejecución mostrado, el tramo de gota 31 es de aproximadamente 70 cm. El tramo de gota 31' es de aproximadamente 50 cm. El tramo de núcleo de hielo 21 es de aproximadamente 25 cm.

35 Disponiendo las boquillas de agua 30 y/o 30' relativamente lejos de las boquillas de nucleación 20, resultan tramos de gota 31 y/o 31' relativamente grandes. Por tanto, las gotas de agua formadas con las boquillas de agua 30 y/o 30' tienen suficiente tiempo para enfriarse a la temperatura necesaria. El tramo de gota 31, 31' y/o el tramo de núcleo de hielo 21 pueden seleccionarse de forma arbitraria básicamente por encima de un límite inferior de típicamente aproximadamente 20 cm. El límite superior viene dado por el hecho de que los haces aún tienen que encontrarse en la zona de germinación E. En función de la aplicación puede ser, por tanto, también conveniente, configurar la boquilla de nucleación 20 como boquilla de haz esférico (es decir, con una sección transversal redonda en la zona de salida) o como boquilla de haz plano (es decir, con una sección transversal elíptica en la zona de salida).

40 La distribución de las boquillas de agua 30 y/o 30' en dos grupos con diferentes distancias a la boquilla de nucleación 20 posibilita diferentes modos de funcionamiento en función de la temperatura de bulbo húmedo del entorno. Típicamente se usan, a menores temperaturas de bulbo húmedo, ambos grupos de boquillas de agua 30 y 30'. A menores temperaturas basta un tramo de gota 31' más corto. A mayores temperaturas de bulbo húmedo se utilizan sólo las boquillas de agua 30 más alejadas. Debido al tramo de gota 31 más largo se garantiza, sin embargo, un enfriamiento suficiente.

45 El consumo de agua de una boquilla 30 o 30' se encuentra, a presiones de funcionamiento de 15 a 60 bar, habitualmente entre 12 y 24 litros de agua por minuto. A altas temperaturas de bulbo húmedo del entorno de típicamente -4°C a -1°C puede nevarse, en el ejemplo de ejecución con tres boquillas de agua 30 de los grupos más alejados con aproximadamente 36 a 72 litros de agua por minuto. Tras conectar las boquillas de agua 30' del grupo situado más cercano por debajo de típicamente -4°C se produce un consumo de aproximadamente 72 a 144 50 litros de agua por minuto. Para temperaturas aún menores se prevé al menos otro grupo de boquillas de agua que, sin embargo, no se muestra aquí.

En el cuerpo del cañón 10 se disponen de una manera conocida por líneas de suministro de aire y agua para las boquillas individuales. Tales alimentaciones son familiares para el experto. Por lo tanto, no se describen aquí en detalle.

5 Las diferentes piezas descritas están hechas de metal. Típicamente se utiliza aluminio, parcialmente anodizado, para el cuerpo de la boquilla de nucleación y de la boquilla de agua y también del cañón de nieve.

La Figura 5 muestra un corte a través de un plano perpendicular al eje A del cuerpo del cañón. El cuerpo del cañón 10 está formado esencialmente cilíndrico. Tres boquillas de agua 30 están dispuestas en un ángulo de 120 grados regularmente a lo largo del perímetro del cuerpo del cañón 10. En el interior del cuerpo del cañón 10 se muestran diversas líneas de suministro, no descritas en detalle, para aire y/o agua.

10 Las Figuras 6 a 8 muestran diversos resultados de medición, a partir de los cuales se puede ver una eficiencia significativamente mayor de la boquilla de nucleación y/o del cañón de nieve.

15 En la Figura 6 se muestran el número de Mach, la temperatura homogénea y la presión homogénea en el medio en la zona de la abertura de salida 23 de la boquilla de nucleación 20 (ver Figura 2) como valores teóricos. Homogéneo significa aquí, que las temperaturas de aire y agua en de la boquilla se han equilibrado ya completamente. En la realidad, este nunca será el caso. Por tanto, las temperaturas aquí mostradas son claramente menores que las temperaturas esperadas del agua. La geometría de la boquilla de nucleación 20 se selecciona de forma que el número de Mach se encuentra en el rango de al menos aproximadamente 2 a 2,5. En la zona de la abertura de salida, la presión en el medio emergente asciende a de aproximadamente 0,2 a 0,6 bar. Los valores indicados de presión y temperatura, así como el número de Mach, dependen de la relación de superficies A_A/A_K entre el área de la sección transversal en la zona de la abertura de salida 23 y en la zona del estrechamiento 26. La relación de superficies considerada preferente debido a los ensayos asciende a aproximadamente 9:1.

20 En la representación más inferior de la Figura 6, se muestran adicionalmente dos curvas diferentes en función de la presión del aire en la boquilla de nucleación 20. A 6 y a 10 bares de presión del aire se obtienen resultados comparables.

25 En todas las tres representaciones según la Figura 6, se encuentran además las curvas para dos razones de flujo másico ALR diferentes entre aire y agua. Estas se hallan dentro de los límites antes indicados del rango de operación, que resultan de los rangos de presión de agua y aire típicamente imperantes y de la geometría.

30 La Figura 7 muestra contenido promedio de hielo en porcentaje en un rango de aproximadamente 3,5 m de distancia horizontal tras la salida de la boquilla. El contenido de hielo aumenta al incrementarse el tramo de gota. Con un tramo fijo de núcleo de hielo 21 de 25 cm y una temperatura del agua de 1,7 grados Celsius se produce a una temperatura de bulbo húmedo del entorno de - 2° C un contenido de hielo de aproximadamente 4,5 % a aproximadamente 6 % para un tramo de gota de 10 y/o 50 cm. El efecto es aún más pronunciado a menor temperatura de bulbo húmedo de - 7° C: Aquí se produce en la prolongación del tramo de gota de aproximadamente 10 a 50 cm un aumento del contenido de hielo de aproximadamente 12 a casi el 15 %.

35 La Figura 8 muestra además los tramos de gota óptimos teóricos, determinados experimentalmente, en función de diferentes temperaturas del agua para diversas temperaturas de bulbo húmedo. Por tramo de gota óptimo teórico se entiende aquel tramo, con que las gotas de agua pueden enfriarse por las boquillas de agua 30 y 30' justo a 0° C. al encontrarse en la zona de germinación no se funde de este modo con seguridad ningún núcleo de hielo más, por lo cual se pueden esperar los mejores resultados de nevada. Como muestra la Figura 8, puede producirse nieve óptimamente con una temperatura del agua de 1 grado Celsius con un tramo de gota en el rango de 50 cm a 1 m a una temperatura de bulbo húmedo del entorno de hasta - 2° C.

40 En la Figura 9 se muestra otro cañón de nieve 1, que se distingue del cañón de nieve según la Figura 4, entre otros, porque por encima de las boquillas de nucleación designadas con 50 hay dispuestas boquillas de agua adicionales 30". La geometría de las boquillas de agua y de las boquillas de nucleación ha permanecido en principio igual. El cañón de nieve se caracteriza, por consiguiente, por tramos de núcleo de hielo y tramos de gota comparativamente largos. También aquí debería valer el tramo de núcleo de hielo al menos 10 cm, particularmente de aproximadamente 20 a 30 cm y los respectivos tramos de gota de las boquillas de agua 30 y/o 30', al menos 20 cm, particularmente de aproximadamente 40 a 80 cm. Las gotas de las boquillas de agua adicionales 30" se inoculan en una segunda zona de germinación, mediante gotas ya congeladas de las boquillas de agua 30 y/o 30' y núcleos de hielo remanentes de las boquillas de nucleación (20/50). El cañón de nieve 1 cuenta con una distribución alternativa, descrita a continuación aún en detalle, para generar núcleos de hielo.

50 Como se deduce de la Figura 10, las boquillas de nucleación 50 están fijadas en un cabezal 41. La fijación se lleva a cabo ejemplarmente a través de una unión roscada. Para atornillar la boquilla 50 además de la abertura de salida 23

se pueden reconocer dos orificios ciegos como alojamientos para piezas (comp. por ejemplo, la siguiente Figura 19). Este cabezal 41 está atornillado al cuerpo del cañón.

Como se deduce de la Figura 11, las tres boquillas de nucleación 50 de la distribución para generar núcleos de hielo son alimentadas por un canal común. Mediante este canal es factible una mezcla agua-aire, que se reparta en la división de canales 43 y se alimente a las boquillas de nucleación 50. Con 51 se designa una abertura de entrada de boquilla del canal de boquilla de la boquilla de nucleación 50. Estas boquillas de nucleación 50 se distinguen de las boquillas de nucleación según el primer ejemplo de ejecución (comp. Figuras 2, 3) sobre todo porque el agua no se guía a través de una abertura de entrada lateral, separada en el canal de boquilla. El diseño básico de las geometrías de canal de boquilla de las boquillas de nucleación 50 se han mantenido más o menos iguales. La boquilla de nucleación 50 está configurada, por consiguiente, asimismo como boquilla convergente-divergente, en que la razón del área de la sección transversal de la abertura de salida respecto al área de la sección transversal del canal de boquilla en la zona del diámetro de núcleo sea de al menos 4:1 y preferentemente de aproximadamente 9:1. Las boquillas de nucleación individuales están conectadas fluidamente en cada caso con canales de suministro 56, que se comunican con un canal central 55 en la zona de la división de canales 43. En la Figura 11 puede verse, además, que la boquilla de agua 30' está configurada como boquilla de haz plano.

De la vista superior según la Figura 12 (así como también de la Figura 14) sobre el cañón de nieve 1 puede reconocerse que las, en cada caso, tres boquillas de agua 30' y 30" (así como claramente también las boquillas de nucleación no visibles aquí) están dispuestas sobre el cuerpo del cañón 10 distribuidas a lo largo del perímetro.

La Figura 13 muestra una sección longitudinal a través del cañón de nieve 1. Para formar una cámara de mezcla se prevé una pieza tubular 44 configurada aproximadamente cilíndrica hueca, en que se puede suministrar aire comprimido a través de una abertura de entrada de aire comprimido 24. El agua se lleva desde el lado en la cámara de mezcla de la pieza tubular 44. La pieza tubular 44 está rodeada del lado de la cubierta por un tubo exterior 46, que presenta dos perforaciones 48 para la entrada de agua. Entre el tubo exterior 46 y la pieza tubular 44 hay dispuesto un elemento filtrante vaginiforme 49 (comp. la siguiente Fig. 18). La inyección de agua se lleva a cabo para todas las boquillas de nucleación evidentemente a través de una cámara de mezcla común. Además, la distribución presenta un medio filtrante de agua central común - 49 para las tres boquillas de nucleación. Esto ofrece la ventaja de, que - en comparación con la distribución según el primer ejemplo de ejecución según la Figura 2 - puede seleccionarse una abertura de entrada de agua comparativamente grande. Esto tiene, entre otras, ventajas técnicas de fabricación. Otra ventaja consiste, sin embargo, también en que la filtración del agua suministrada puede simplificarse. El sistema de cámara de mezcla- según el segundo ejemplo de ejecución permite, por ejemplo, poder utilizar filtros más gruesos y de área más grande.

En base a las Figuras 13 y 13a es evidente cómo se guía el agua a través del cañón de nieve y se alimentan las boquillas de agua y de nucleación. En la Figura 13a puede reconocerse cómo se lleva el agua en 45' (y 45) hacia arriba en el cabezal y allí se desvía. El agua alimenta además los nucleadores, al mismo tiempo se evita la formación de hielo calentando el cabezal. Entonces, el agua se conduce de nuevo al pie de la lanza, donde puede distribuirse con válvulas en tres canales de reacción se y conducirse de nuevo hacia arriba (ver las Figuras 20-22). La dirección de los flujos másicos de agua se sugiere con flechas. Los tres grupos de boquillas de agua (30, 30', 30'') pueden someterse por medio de válvulas (no representadas) en cada caso individualmente a agua. En la Figura 13 puede reconocerse un canal 59' que se extiende en la dirección axial del cuerpo del cañón, que sirve para la alimentación de las boquillas superiores de agua (30'). Con 57 se designa una entalladura en la cubierta externa del cuerpo del cañón, a través de la cual el agua puede llegar a un canal anular, formado por un elemento anular 54. El elemento anular 54 presenta en el perímetro escotaduras, en que pueden atornillar las boquillas de agua (comp. por ejemplo, Fig. 9 ó 10). También las boquillas 30 se alimentan a través de un canal anular de una manera similar. Con 58 se designa una línea de suministro de aire comprimido. El aire comprimido pasa de este canal 58 a través de una vela filtrante 52 a la pieza tubular 44.

Las Figuras 15 y 16 muestran el cañón de nieve 1 en otra sección longitudinal, donde en la Figura 16 el cañón de nieve se muestra a escala. Aquí puede reconocerse particularmente bien la configuración del canal de boquilla de la distribución para generar núcleos de hielo. La mezcla agua-aire se lleva a lo largo de un primer tramo de mezclado MS' hasta la división de canales 43. Entonces se desvía este flujo másico y se divide hasta que finalmente pasa a través del respectivo canal de boquilla de las boquillas de nucleación 50 a la abertura de salida 23. El tramo de mezclado MS' es además aproximadamente 12 veces mayor que el diámetro del canal de boquilla en la zona del tramo de mezclado. Se pueden obtener resultados especialmente favorables, cuando todo el tramo de mezclado MS'+ MS'' sea, al menos, 12 veces mayor que el diámetro del canal de boquilla en la zona del tramo de mezclado. Se ha demostrado que puede ser ventajoso un tramo de mezclado, que sea, al menos, 3 veces mayor que el diámetro del canal de boquilla en la zona del tramo de mezclado MS'. Con la cámara de mezcla de la pieza tubular colinda un canal 55 corto, asignado al cabezal, con el mismo diámetro de canal, que se divide en tres canales 56. Los canales 56 (tramo de mezclado MS'') y, por consiguiente, también las boquillas de nucleación 50 están orientados en ángulo recto respecto a la pieza tubular 44. El área de la sección transversal en la zona del tramo de mezclado MS' es, en el presente ejemplo, aproximadamente 7 veces mayor que el área total de la sección transversal de las tres boquillas de nucleación en la zona del diámetro de núcleo.

La Figura 17 muestra, en una especie de vista despiezada, la pieza tubular 44, así como las tres boquillas de nucleación 50 de la distribución para generar núcleos de hielo para el cañón de nieve.

Los detalles de una pieza tubular 44 pueden extraerse de la Figura 18. La abertura de entrada de agua 22 está dispuesta aquí, respecto a la dirección axial, aproximadamente centrada en la pieza tubular 44. El elemento filtrante 49 puede consistir en una malla metálica. Tal medio filtrante central puede estar configurado relativamente grueso, por lo cual se puede ampliar el rango de aplicación. La amplitud de malla de un filtro de tela metálica (y/o el ancho del orificio en general) vale, por ejemplo, aproximadamente 0,1 mm. El elemento filtrante 49 está evidentemente separado de la pared exterior de la pieza tubular 44, por lo cual se forma un hueco anular. El agua pasa por el hueco anular a través de la abertura de entrada de agua 22 en la pieza tubular 44 finalmente a la cámara de mezcla y es arrastrada por la corriente de aire comprimido acompañante y mezclada con ésta. El diámetro de las perforaciones 48 es un múltiplo mayor, en comparación con el diámetro de la abertura de entrada de agua 22. El diámetro de la abertura de entrada de agua 22 designado con DLW puede ser, en función del propósito de empleo, por ejemplo, de 0,25 mm ó 0,5 mm. En la zona de la abertura de entrada de aire comprimido 24 se dispone una vela filtrante 52 para la limpieza del aire suministrado.

Los detalles constructivos de una boquilla de nucleación 50 pueden extraerse de la Figura 19. La boquilla 50 está diseñada como un componente de una sola pieza, que dispone de una rosca externa, con que las boquillas pueden fijarse en los receptáculos correspondientes al cabezal. La presente boquilla se caracteriza ejemplarmente por los siguientes datos característicos: diámetro de salida $D_A = 2,5$ mm, diámetro de núcleo $D_K = 0,85$ mm y diámetro de entrada $D_M = 2,1$ mm. El diámetro del canal (56) (aquí no mostrado) que desemboca en la boquilla asciende a 2,0 mm. La longitud designada con L_E de la sección transversal más estrecha asciende a aproximadamente 5,4 mm. Gracias a la sección de canal relativamente larga con la sección transversal más estrecha (L_E), así como debido al cono de salida comparativamente largo, las gotas de agua tienen tiempo suficiente para enfriarse, por lo cual puede optimizarse la generación de núcleos de hielo.

La Figura 20 muestra un cuerpo del cañón 10. Las Figuras 21 y 22 muestran un corte a través del cuerpo del cañón en dos posiciones axiales diferentes. El cuerpo del cañón 10 está diseñado como perfil hueco que se extiende en la dirección axial que contiene cinco huecos circulares 53, 53', 58, 59, 59', así como cuatro huecos no-redondos 45, 45', 47, 47'. La cavidad central 58 sirve además como línea de suministro para el aire comprimido para las boquillas de nucleación. En los huecos 45 y 45' se lleva agua hacia arriba hacia la cabeza de lanza (aquí no mostrada) y allí se desvía. El agua se lleva entonces a través de los huecos 47 y 47' hacia abajo a una disposición de válvulas (no mostrada). En función del control, el agua llega a los canales redondos 59' y/o 59, que alimentan las boquillas de agua dispuestas por debajo de las boquillas de nucleación. En la Figura 21 puede reconocerse un orificio longitudinal 57, que representa fluidamente la conexión entre la cavidad y/o canal 59 y las boquillas de agua (30) inferiores (aquí no mostradas). La cavidad y/o canal 59' sirve para alimentar las boquillas de agua superiores (30'). Los canales 53 y 53' sirven para alimentar las boquillas de agua adicionales (30"), dispuestas por encima de los nucleadores.

De la Figura 22, así como la Figura 20, puede reconocerse cómo puede fabricarse el orificio 48, con el cual puede alimentarse agua a la pieza tubular 44 para la alimentación de los nucleadores. Estas perforaciones se pueden producir de manera sencilla a través de una operación de perforación en el cuerpo del cañón desde fuera. Posteriormente, sólo tienen que cerrarse los orificios resultantes en la cubierta externa del cuerpo del cañón 10. En la Figura 22 se sugiere con una superficie sombreada 60 un relleno de los orificios.

REIVINDICACIONES

1. Cañón de nieve (1) con al menos una boquilla de nucleación (20, 50) para generar núcleos de hielo y con al menos una boquilla de agua (30;30'), donde con la boquilla de nucleación (20,50) puede producirse un haz de núcleos de hielo y con la boquilla de agua (30;30'), un haz de gotas, que, tras recorrer un tramo de núcleo de hielo (21) y/o tras recorrer un tramo de gota (31;31'), se encuentren en una zona de germinación (E), **caracterizado porque** el tramo de núcleo de hielo (21) asciende a, al menos, 10 cm, particularmente de aproximadamente 20 a 30 cm y/o que el tramo de gota (31;31') asciende a, al menos, 20 cm, particularmente de aproximadamente 40 a 80 cm y porque la, al menos una, boquilla de nucleación (20, 50) es parte de una distribución para generar núcleos de hielo con un canal de boquilla (25) con al menos una abertura de entrada de aire comprimido (24) y con al menos una abertura de entrada de agua (22), así como con una abertura de salida (23), donde la sección transversal del canal de boquilla (25) se estrecha en una primera sección en la dirección de la abertura de salida (23) hasta un diámetro de núcleo (26) y donde la sección transversal del canal de boquilla (25) se expande posteriormente en la dirección de la abertura de salida (23) en una segunda sección (27), donde la relación del área de la sección transversal de la abertura de salida (23) al área de la sección transversal del canal de boquilla (25) en el rango del diámetro de núcleo (26) asciende a, al menos, 4 : 1, preferentemente a aproximadamente 9 : 1.
2. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el cañón de nieve (1) presenta un cuerpo del cañón (10) con una forma esencialmente cilíndrica y porque la, al menos una, boquilla de nucleación (20, 50) se dispone en un ángulo de preferentemente 0 a 45 grados respecto a un plano perpendicular al eje del cuerpo del cañón (10) de forma que la boquilla de nucleación (20, 50) esté dirigida radialmente o lejos del cuerpo del cañón (10) inclinadamente hacia arriba.
3. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la, al menos una, boquilla de agua (30;30') está dispuesta en un ángulo respecto a un plano perpendicularmente al eje del cuerpo del cañón (10) y está dirigido hacia la, al menos una, boquilla de nucleación (20, 50).
4. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** el cuerpo del cañón (10) está provisto de al menos dos grupos de boquillas de agua (30;30'), dispuestos en al menos dos posiciones axiales diferentes sobre el cuerpo del cañón (10).
5. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 4, **caracterizado porque** todas las boquillas de agua (30;30') de los al menos dos grupos de boquillas de agua están orientados de tal forma que los haces de gotas producidos con las boquillas de agua (30;30') sólo tras recorrer un tramo de gota (31;31') de al menos 20 cm, particularmente tras recorrer un tramo de gota (31;31') de aproximadamente 40 a 80 cm, incidan sobre el haz de núcleos de hielo.
6. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado porque** las respectivas boquillas de agua (30;30') de los al menos dos grupos de boquillas de agua están orientados de tal forma que los haces de gotas producidos en cada caso con las boquillas de agua (30;30') incidan en el haz de núcleos de hielo en una común zona de germinación (E).
7. Cañón de nieve (1) según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque**, relativo a las posiciones axiales, al menos un grupo de boquillas de agua (30;30') se dispone por debajo de la, al menos una, boquilla de nucleación (20,50) y porque está previsto al menos un grupo adicional de boquillas de agua (30"), que se disponga por encima de la, al menos una, boquilla de nucleación (20,50).
8. Cañón de nieve (1) según una de las reivindicaciones 2 a 7, **caracterizado porque** para formar una cámara de mezcla contiene una pieza tubular (44) preferentemente casi cilíndrica hueca, a la que está conectada la, al menos una, boquilla de nucleación (20, 50), donde la pieza tubular (44) se dispone en el cuerpo del cañón (10) preferentemente con su eje paralelamente al cuerpo del cañón.
9. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el canal de boquilla (25) está configurado de tal forma que al menos en la zona de un tramo de mezclado (MS, MS') en el canal de boquilla pueda producirse un flujo de gotas dispersado, por lo cual en la zona del diámetro de salida (23) se obtiene una pulverización.
10. Cañón de nieve (1) según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado porque** la distribución para generar núcleos de hielo presenta, al menos, dos y preferentemente tres aberturas de salida (23), predeterminadas en cada caso preferentemente mediante boquillas de nucleación (50), donde las aberturas de salida (23) están conectadas a través de una división de canales (43) con una cámara de mezcla común, en que a través de la, al menos una, abertura de entrada de aire comprimido (24) y a través de la, al menos una, abertura de entrada de agua (22) puede alimentarse aire y agua para la mezcla aire-agua.
11. Distribución según la reivindicación 10, **caracterizada porque** tiene al menos dos y preferentemente tres aberturas de salida (23) formadas en cada caso por boquillas de nucleación (50), donde las aberturas de salida (23)

están conectadas a través de una división de canales (43) con una cámara de mezcla común, y porque para todas las boquillas de nucleación (50) está previsto un medio filtrante común (49), donde el medio filtrante (49) se dispone particularmente sobre la cubierta externa de la pieza tubular (44) en la zona de la, al menos una, abertura de entrada de agua (22).

- 5 12. Procedimiento para generar nieve artificial, particularmente con un cañón de nieve según una de las reivindicaciones 1 a 11, donde con al menos una boquilla de agua (30;30') se genera un haz de gotas de agua y donde con al menos una boquilla de nucleación (20, 50) se genera un haz de núcleos de hielo con núcleos de hielo, conduciendo una corriente de agua y aire comprimido a través de un canal de boquilla (25), que se estrecha en una primera sección hasta un diámetro de núcleo (26) y se expande en una segunda sección (27) hacia una
10 abertura de salida (23).

y donde el haz de núcleos de hielo y el haz de gotas se combinan en una zona de germinación (E), **caracterizado porque** el haz de núcleos de hielo se conduce a lo largo de un tramo de núcleo de hielo (21) de al menos 10 cm, particularmente de aproximadamente 20 a 30 cm hacia la zona de germinación (E) y/o que el haz de gotas se conduce a lo largo de un tramo de gota (31;31') de al menos 20 cm, particularmente 40 cm a 80 cm hacia la zona de
15 germinación (E).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, donde, en función de la temperatura de bulbo húmedo del entorno en un primer intervalo de temperatura, se generan gotas de agua con boquillas de agua (30) a una primera distancia de la boquilla de nucleación (20, 50) y donde en un segundo intervalo inferior de temperatura se generan
20 adicionalmente gotas de agua con boquillas de agua (30'), dispuestas a una segunda distancia, menor en comparación con la primera distancia de la boquilla de nucleación (20, 50).

14. Procedimiento según la reivindicación 13, donde el haz de gotas de las boquillas de agua adicionales (30') se conduce a través de un tramo de gota (31') de al menos 20 cm, particularmente 40 cm a 80 cm a una zona de germinación (E).

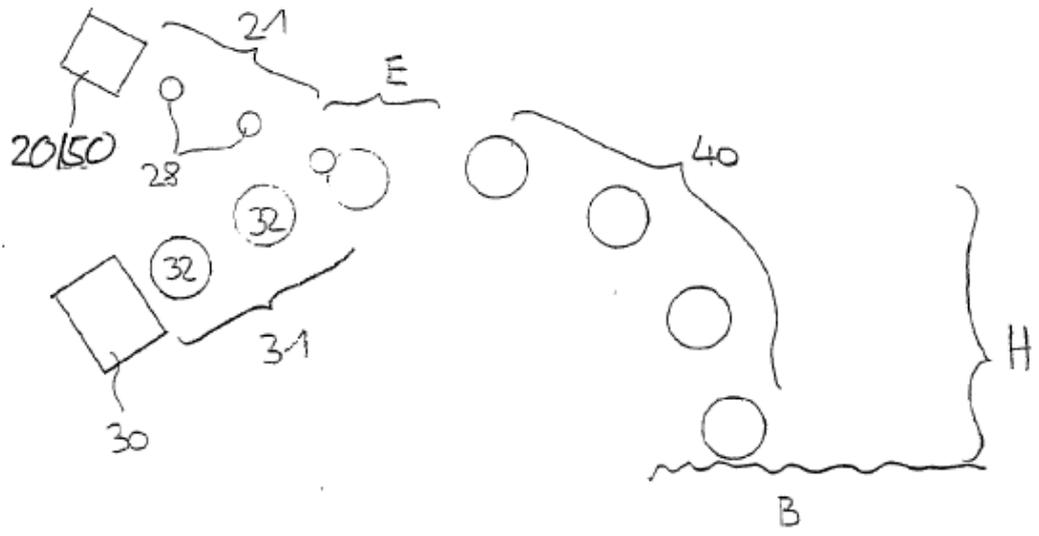


FIG. 1

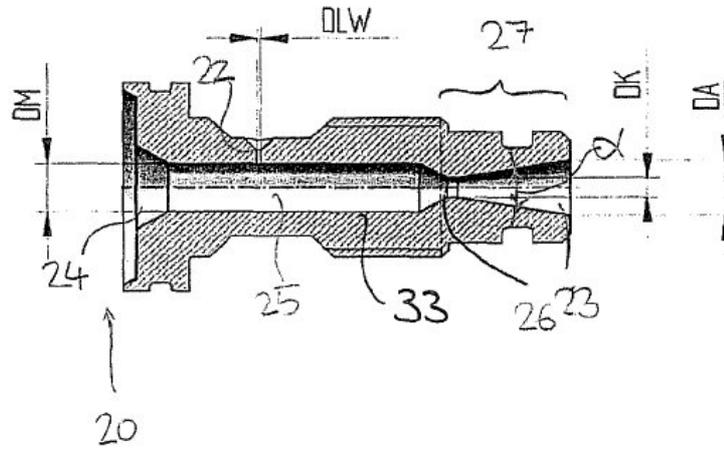


FIG.2

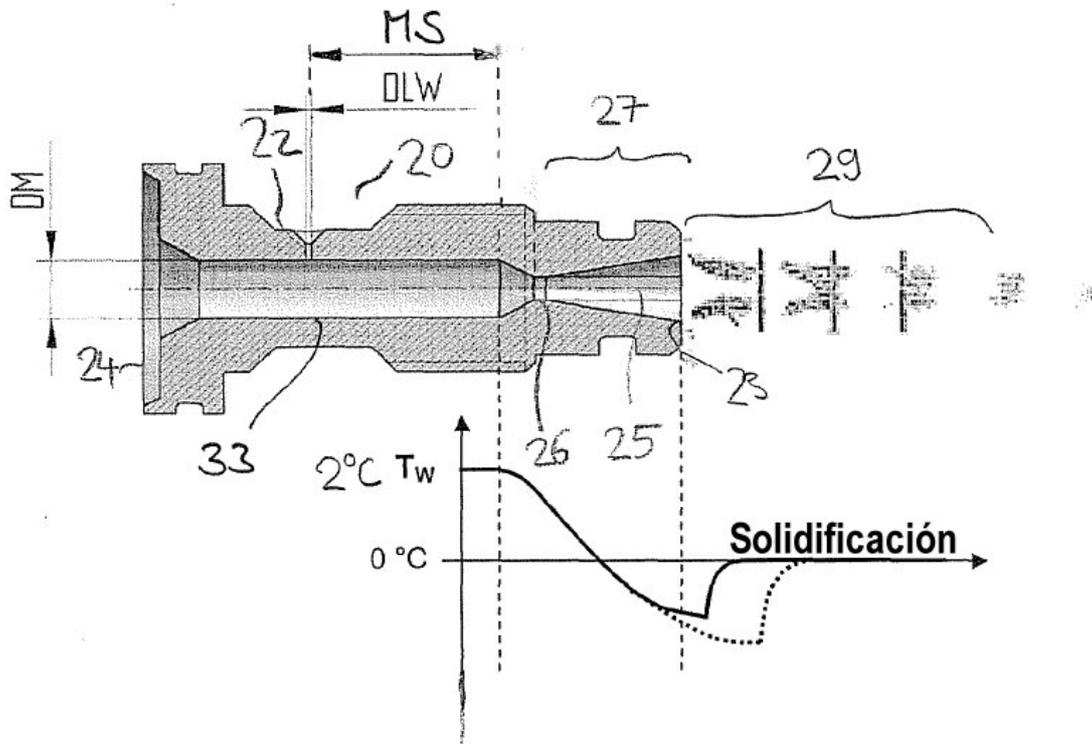


FIG.3

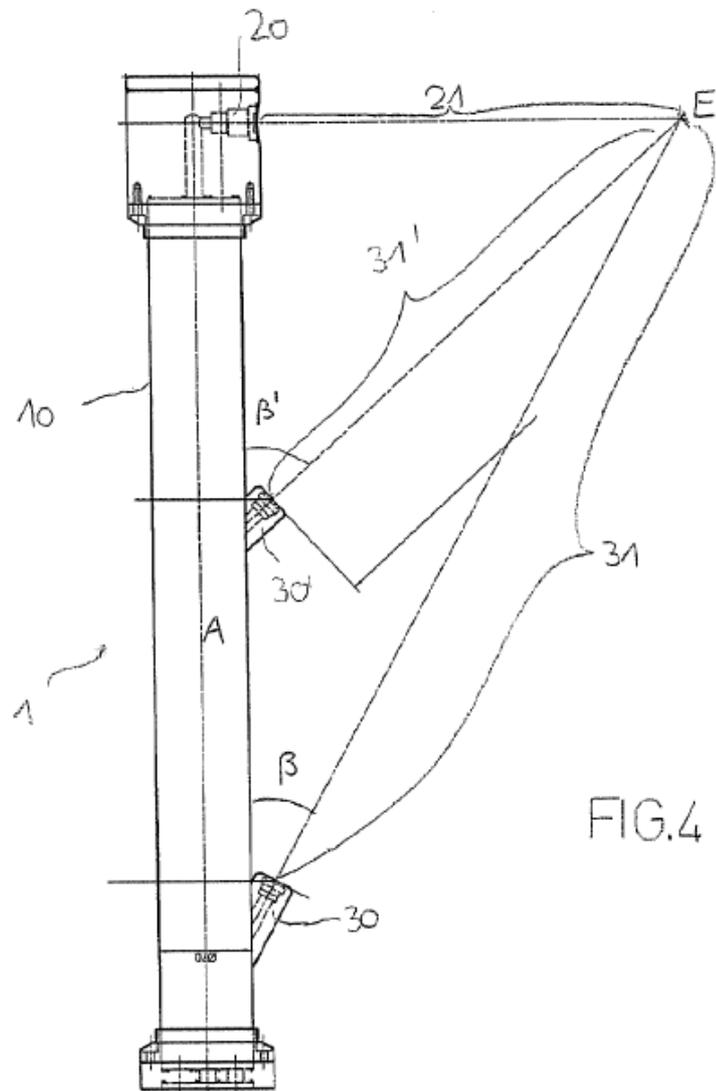


FIG. 4

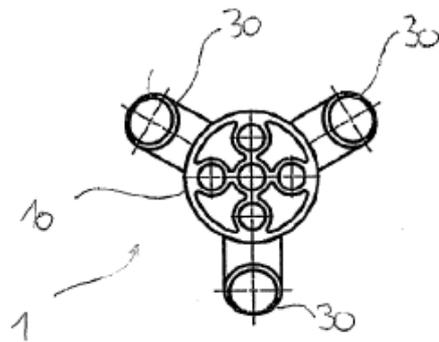


FIG. 5

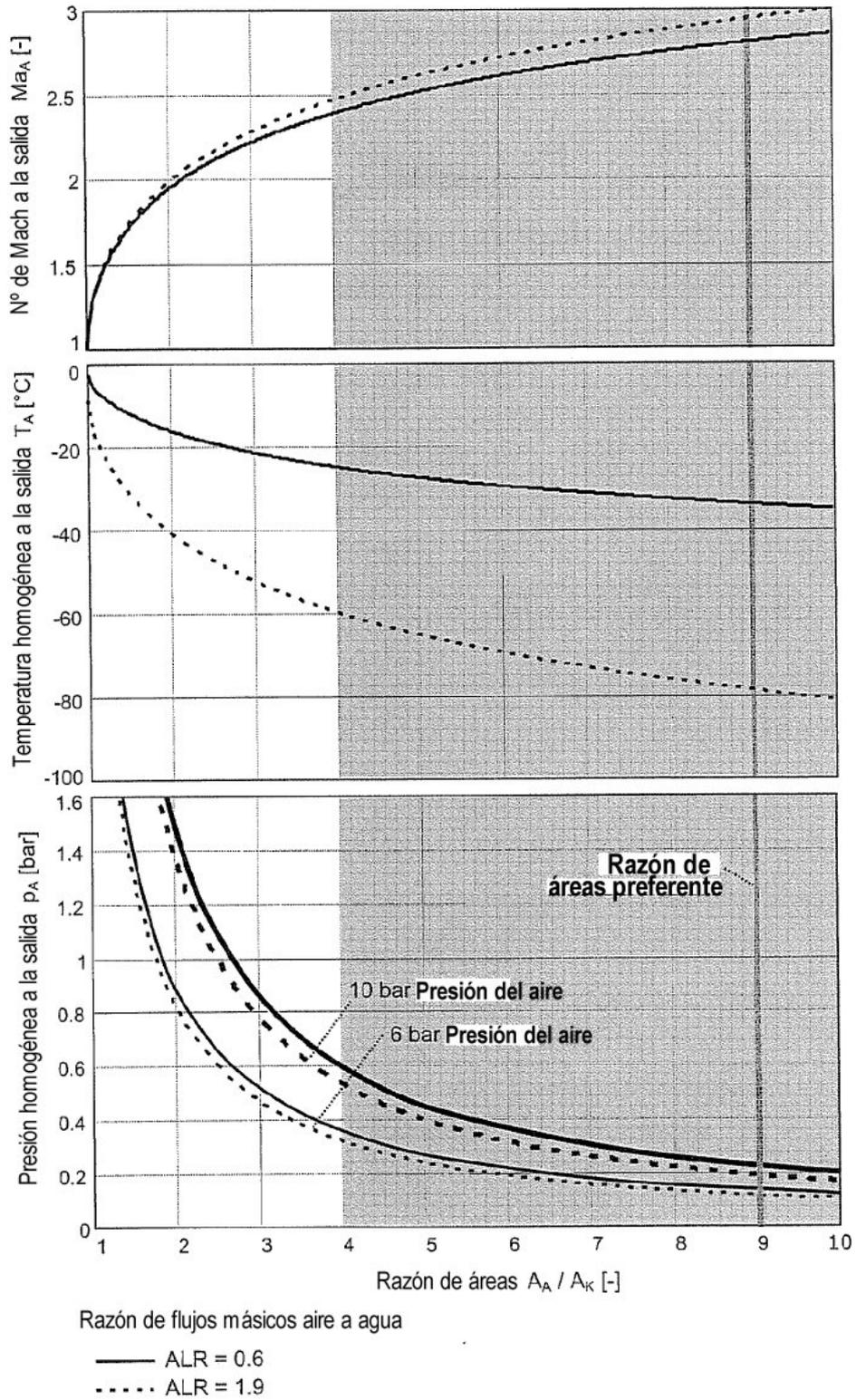


FIG.6

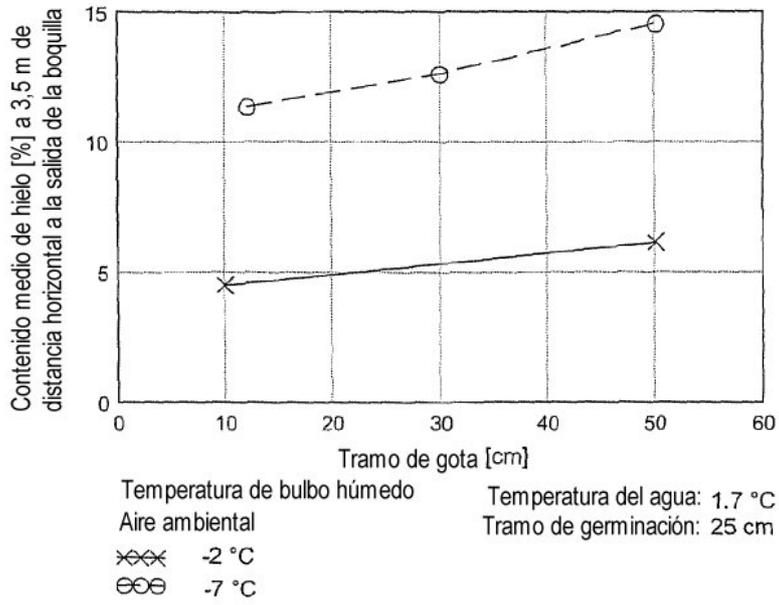


FIG. 7

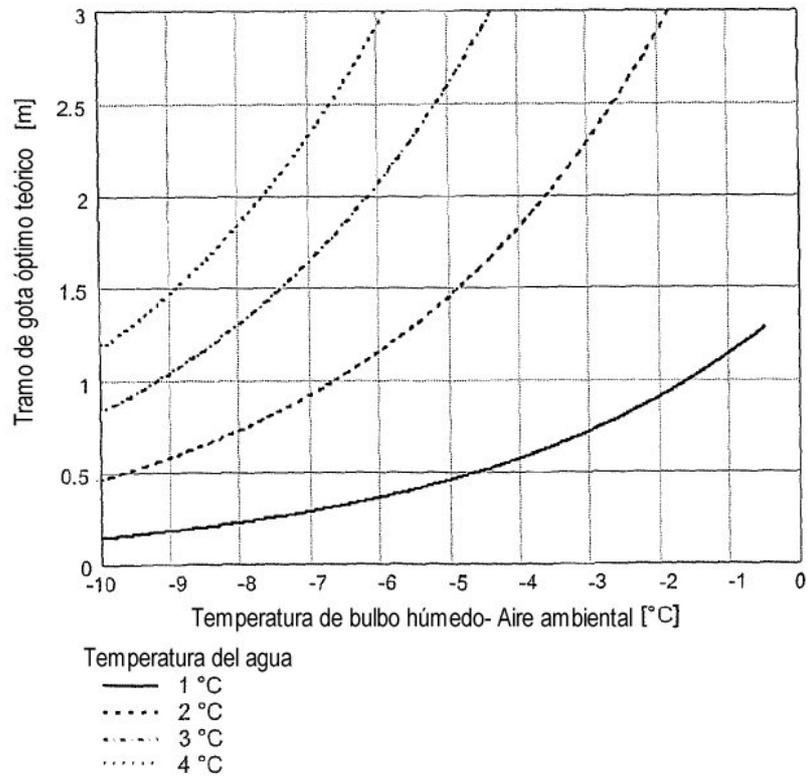


FIG. 8

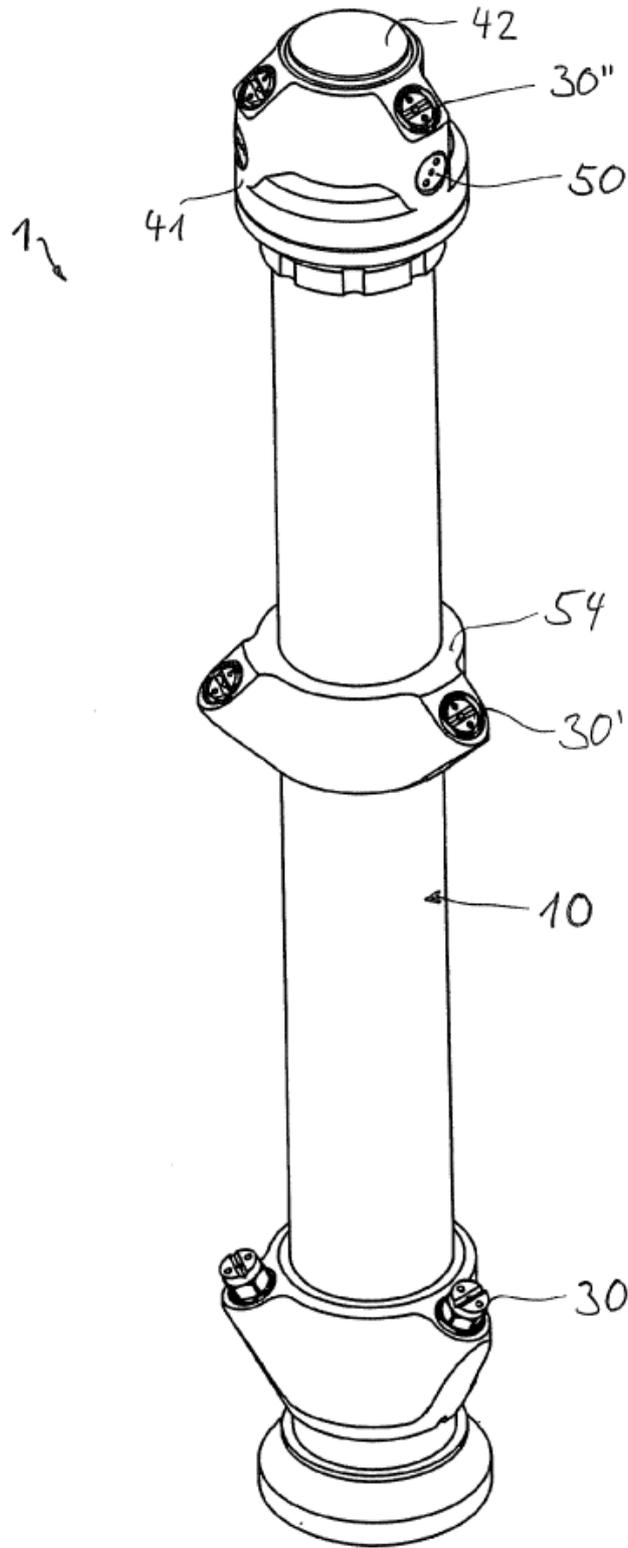
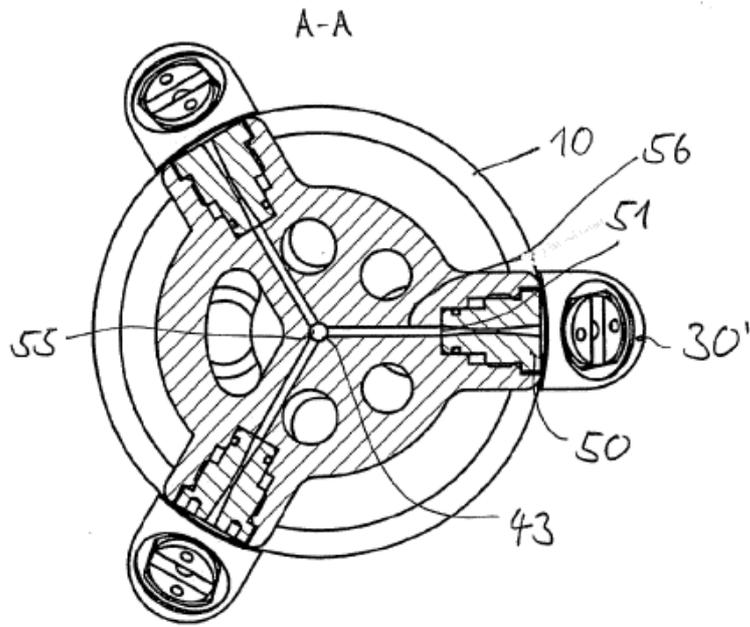
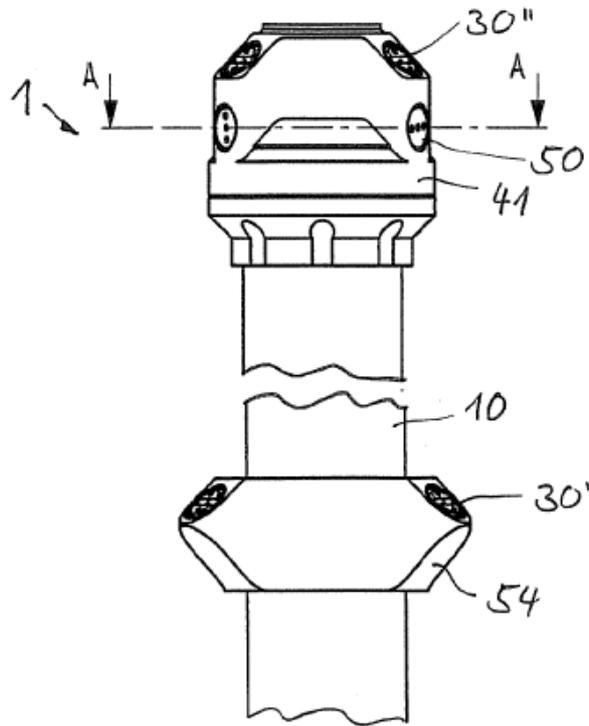


FIG.9



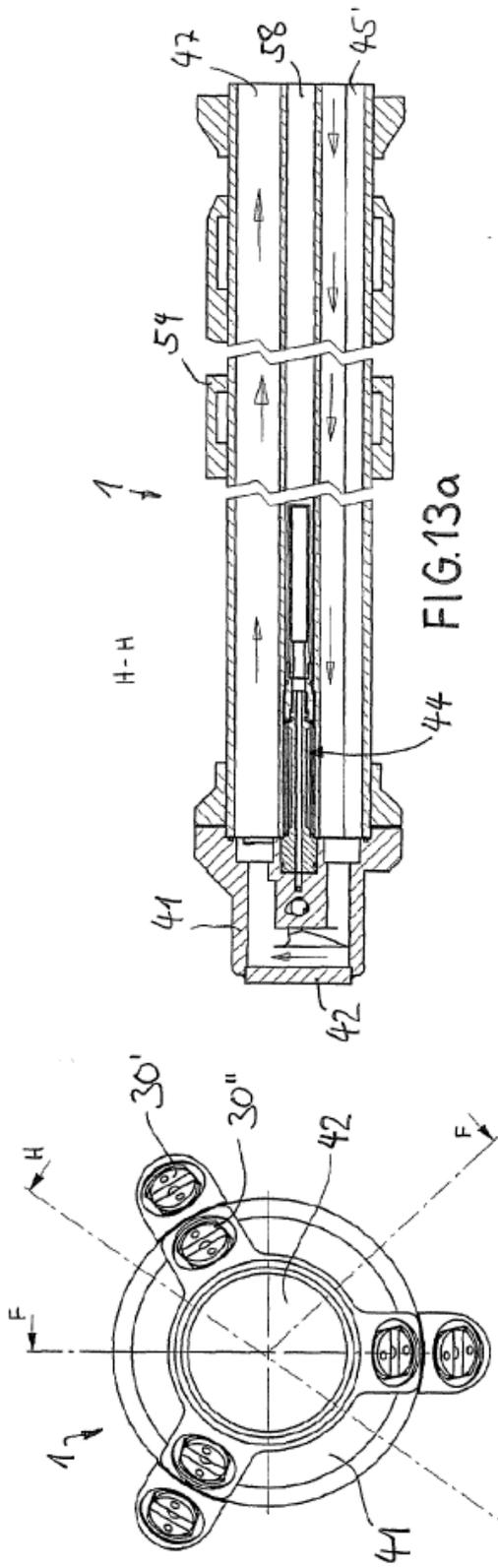


FIG. 13a

FIG. 12

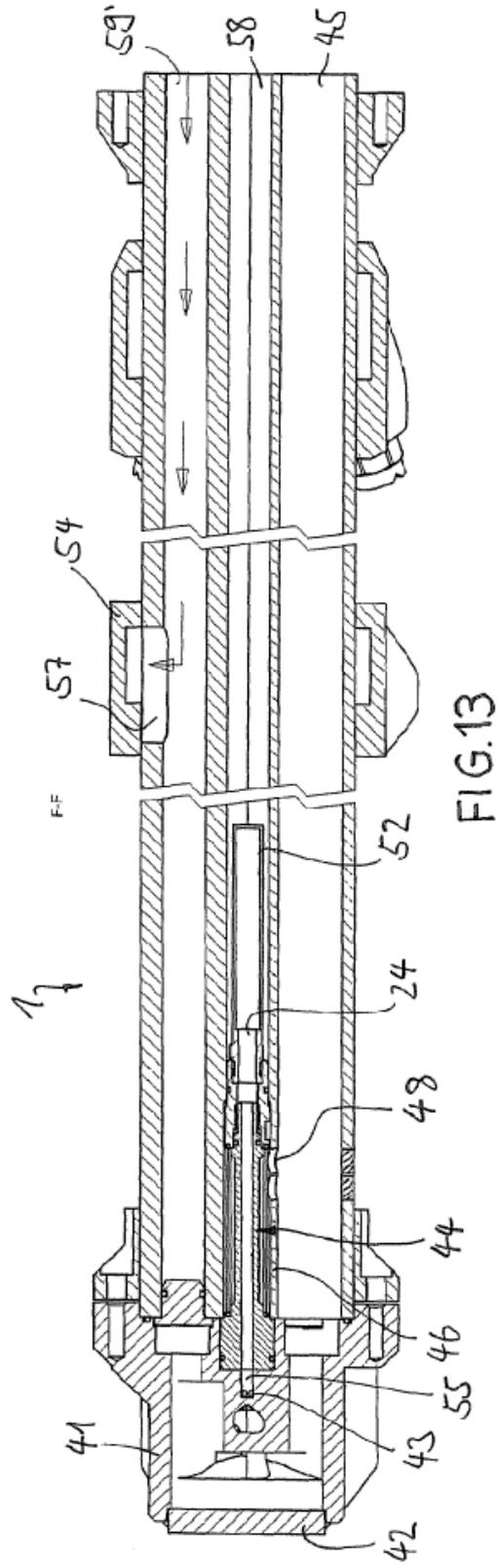


FIG. 13

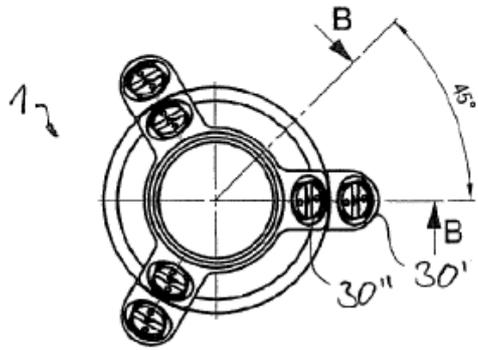


FIG. 14

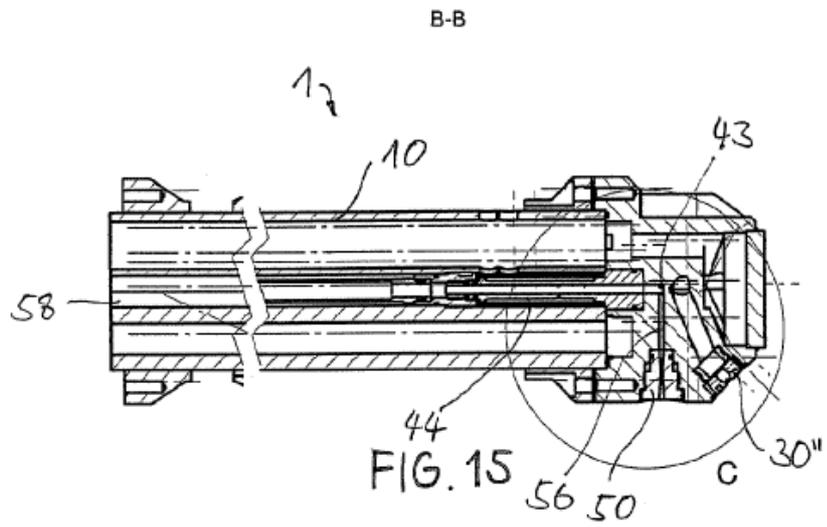


FIG. 15

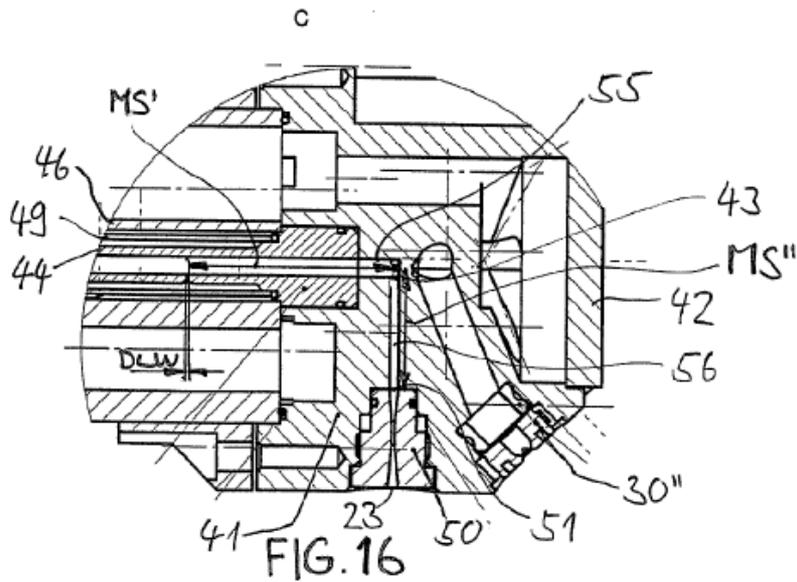


FIG. 16

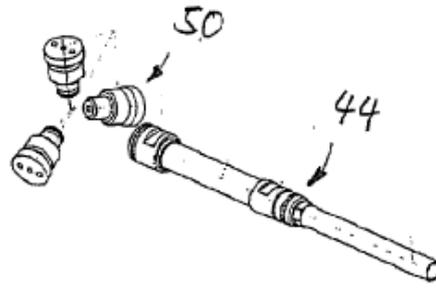


FIG.17

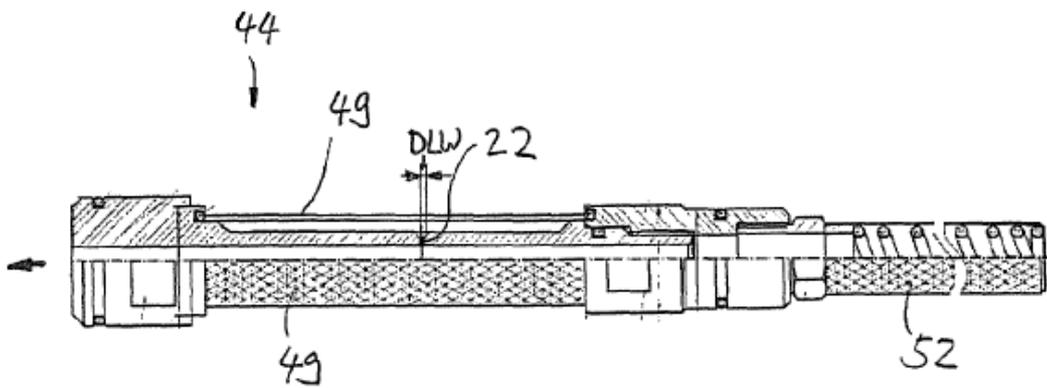


FIG.18

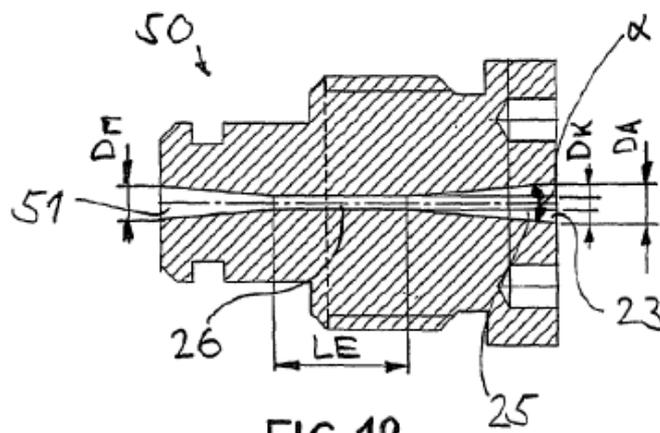


FIG.19

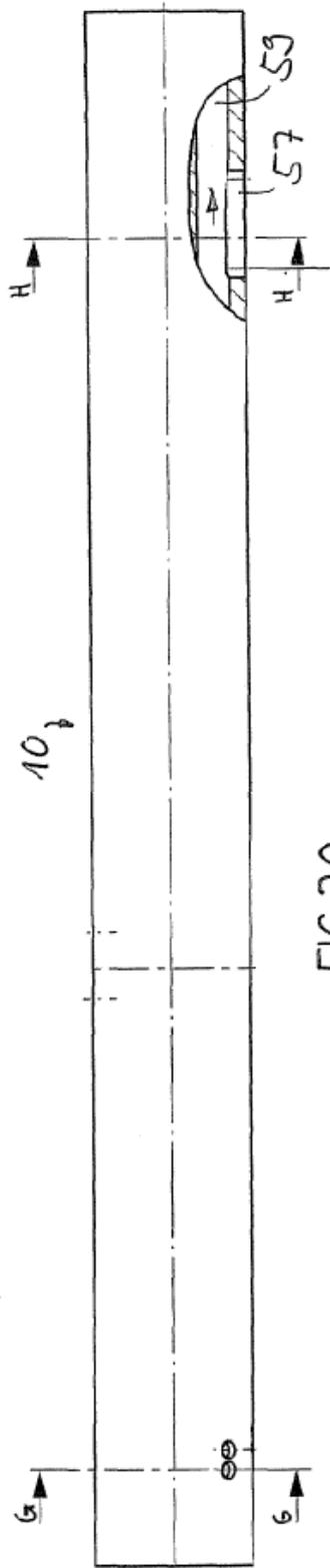


FIG. 20

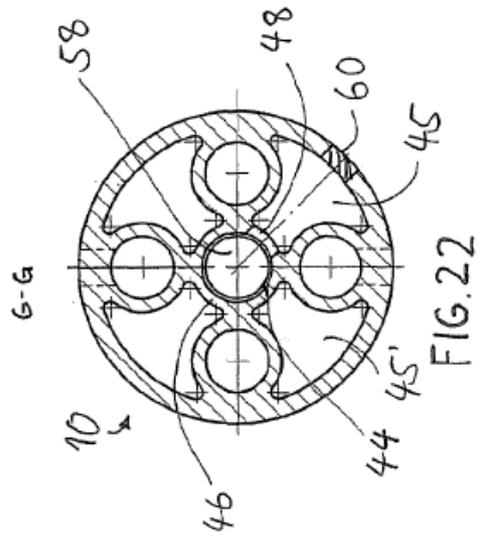


FIG. 22

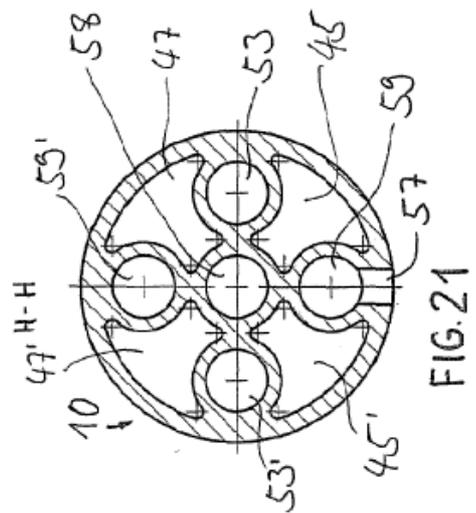


FIG. 21