

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 339**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2013 PCT/EP2013/003899**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2014 WO14114320**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013 E 13828785 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 2888028**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el tratamiento de gases de escape**

30 Prioridad:

**25.01.2013 DE 102013001223**  
**07.03.2013 DE 102013003829**

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

**31.03.2020**

73 Titular/es:

**MEHLDAU & STEINFATH UMWELTTECHNIK  
GMBH (100.0%)  
Alfredstrasse 279  
45133 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**VON DER HEIDE, BERND**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 751 339 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 gases de escape

La presente invención se refiere al campo técnico del tratamiento de gases de escape, en particular al tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno.

5 La presente invención se refiere en particular a un procedimiento para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para la desnitrificación de gases de escape de instalaciones industriales, tales como por ejemplo centrales eléctricas, en particular plantas de cogeneración o plantas de incineración de residuos.

Además, la presente invención se refiere a un dispositivo para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar o separar los óxidos de nitrógeno o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno.

15 Además, la presente invención se refiere al uso de un dispositivo para la eliminación o separación de óxidos de nitrógeno de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, en particular gases de combustión, así como al uso de un dispositivo para el enfriamiento selectivo de gases de combustión de procesos técnicos, en particular gases de combustión.

Finalmente, la presente invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de gases de escape de procesos técnicos, en particular gases de combustión, preferiblemente con el fin de enfriar los gases, en particular en el marco de un procedimiento para eliminar o separar óxidos de nitrógeno de gases de escape de procesos técnicos.

En las reacciones de combustión en presencia de aire se producen óxidos de nitrógeno metaestables, generalmente tóxicos y reactivos, los llamados óxidos de nitrógeno. La formación de óxidos de nitrógeno se ve acentuada por la combustión o termólisis y pirolisis de compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen nitrógeno, que se producen en instalaciones de combustión de gran tamaño, tales como plantas de cogeneración o plantas de incineración de residuos.

Los óxidos de nitrógeno, en particular los compuestos conocidos por la denominación de gases nitrosos, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno, que también son designados por la forma abreviada NO<sub>x</sub>, no solo son tóxicos y causan irritación y daños al sistema respiratorio, sino que además también promueven la formación de la lluvia ácida, ya que reaccionan con la humedad para formar ácidos.

No obstante, la liberación de óxidos de nitrógeno es además problemática por razones derivadas de la protección del medio ambiente, ya que por un lado promueven la formación de smog y de ozono a nivel del suelo nocivo y, por otro lado, acentúan el calentamiento global como gases de efecto invernadero.

Debido a los efectos adversos de los óxidos de nitrógeno sobre la salud y el medio ambiente, y no menos importante debido a los daños económicos asociados, se han hecho ya hace tiempo intentos para minimizar o evitar la liberación de óxidos de nitrógeno durante los procesos de combustión. En el caso de los turismos, esto se consigue por ejemplo mediante el uso de catalizadores que permiten una eliminación casi completa de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape.

Para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno de instalaciones industriales, en particular instalaciones de combustión a escala industrial, se desarrollaron diferentes procedimientos para la eliminación del óxido de nitrógeno o desnitrificación (DeNO<sub>x</sub>) teniendo en cuenta la legislación respectiva, así como consideraciones empresariales, que solos o en combinación deben provocar una reducción o disminución efectiva de los óxidos de nitrógeno en los gases de escape, en particular los gases de combustión.

Los procedimientos o medidas para la reducción del contenido de óxido de nitrógeno de los gases de escape, en particular de los gases de combustión, se pueden subdividir en medidas primarias y secundarias:

En el marco de las medidas primarias, el proceso de combustión es controlado de manera que se minimice lo más posible el contenido de óxido de nitrógeno en los gases de escape resultantes; los óxidos de nitrógeno no deben producirse en absoluto, por así decirlo. Las medidas principales incluyen, por ejemplo, la recirculación del gas de combustión, en la que el gas de combustión es conducido nuevamente a la zona de combustión, así como la aportación escalonada del aire o del combustible, en la que la combustión es controlada de modo que se obtengan diferentes zonas de combustión con diferentes concentraciones de oxígeno. Además, la formación de óxidos de nitrógeno en los gases de combustión también se puede reducir mediante la adición de aditivos o mediante enfriamiento rápido, es decir por inyección de agua para reducir la temperatura durante el proceso de combustión.

En contraste con las medidas primarias destinadas a prevenir la formación de óxidos de nitrógeno, la aplicación de medidas secundarias tiene como objetivo reducir la concentración de óxidos de nitrógeno en los gases de escape, en particular los gases de combustión. Las medidas secundarias incluyen, por ejemplo, procesos de separación en los que los óxidos de nitrógeno se ligan químicamente o son limpiados de la corriente de gases de combustión. Sin embargo, un inconveniente de los procesos de separación es que se producen grandes cantidades de productos de desecho, como por ejemplo agua de proceso, que a menudo están contaminados con otros componentes del gas de combustión, y deben ser eliminados de forma costosa.

Por tanto, en las instalaciones industriales modernas, como medidas secundarias la mayoría de las veces se aplican procedimientos que se basan en una reducción de óxidos de nitrógeno a nitrógeno elemental y conducen solo a pequeñas cantidades de desechos, distinguiéndose en general entre procesos catalíticos y no catalíticos.

La reducción selectiva catalítica de los óxidos de nitrógeno (Selective Catalytic Reduction o SCR) comprende procedimientos catalíticos en los que los óxidos de nitrógeno reaccionan para formar nitrógeno elemental con la ayuda de catalizadores metálicos. Con los procedimientos SCR se obtienen generalmente los mejores valores de desnitrificación, pero el uso del catalizador hace que el procedimiento sea significativamente más costoso y económicamente poco rentable. Además, las instalaciones para la realización del procedimiento SCR no solo son extremadamente caras en la adquisición, sino también en el mantenimiento, ya que los catalizadores sensibles deben ser mantenidos o reemplazados en estrechos intervalos de tiempo. Precisamente en instalaciones de combustión de gran tamaño, cuya composición de combustible a menudo puede determinarse solo de forma insuficiente, como por ejemplo en plantas de incineración de residuos, existe por tanto siempre el peligro de envenenamiento de los catalizadores por contaminaciones del gas de combustión. Este riesgo solo puede reducirse mediante medidas adicionales de alto coste.

La reducción selectiva no catalítica (Selective Non Catalytic Reduction o SNCR) se basa, sin embargo, en la termólisis de compuestos de nitrógeno, en particular amoníaco o urea, que luego reaccionan en una reacción de comproporción con los óxidos de nitrógeno a nitrógeno elemental.

La reducción selectiva no catalítica se puede llevar a cabo de manera significativamente más barata que la reducción selectiva catalítica: así los costes para la adquisición y el mantenimiento de las instalaciones SNCR suponen solo del 10 al 20% del coste de las instalaciones SCR correspondientes.

Sin embargo, el problema de los procedimientos SNCR es que su eficacia no es comparable con la efectividad de los procedimientos catalíticos, de modo que por ejemplo en caso de una reducción adicional de los valores límite legalmente permitidos de óxidos de nitrógeno en los gases de escape, en particular los gases de combustión, la mayoría de las instalaciones SNCR ya no deberían funcionar.

Otro inconveniente de los procedimientos basados en la reducción selectiva no catalítica de óxidos de nitrógeno es que el agente reductor debe ser usado en exceso y no reacciona completamente, de modo que el gas de escape tiene una cierta carga de amoníaco, que bajo determinadas circunstancias no es insignificante. El exceso de amoníaco en el gas de escape debe o bien ser separado o bien ser reducido en su contenido mediante medidas de ingeniería de procesos, de modo que sea posible una descarga de la corriente de gases de escape al medio ambiente.

Además, también hay procedimientos que se basan tanto en un modo de acción catalítico como en el uso de agentes reductores, pero tampoco estos procedimientos pueden superar los inconvenientes en el principio del procedimiento respectivo (altos costes para el uso de procedimientos catalíticos o baja eficiencia para el uso de agentes reductores).

Asimismo hay instalaciones SNCR de nuevos tipos, que se basan en el uso combinado de varios agentes reductores y en cuanto a su efectividad son casi iguales a los procedimientos catalíticos, pero no pueden proporcionar resultados óptimos en todas las condiciones de funcionamiento.

Así el documento DE 10 2011 105 419 A1 se refiere a un procedimiento para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar y/o separar los óxidos de nitrógeno o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno, en particular un procedimiento para la desnitrificación de los gases de escape de instalaciones industriales, de modo que al menos dos agentes reductores que contienen nitrógeno diferentes son puestos en contacto con los gases de escape que contienen nitrógeno o son introducidos en la corriente de gases de escape que contiene óxidos de nitrógeno.

En particular en el caso de reequipamiento de calderas de combustión con instalaciones SNCR, así como durante el funcionamiento de calderas de combustión a plena carga, a menudo sucede que la inyección de los agentes reductores en un intervalo de temperatura favorable para el procedimiento SNCR por la construcción de la caldera no es posible o no se pueden alcanzar las temperaturas favorables para la reducción en la zona de las superficies de calentamiento o intercambiadores de calor. En estos casos, una gran parte de los gases de combustión, que puede representar hasta el 50% del volumen de los gases de combustión, no puede ser alcanzada por los agentes reductores o el agente reductor debe introducirse en la corriente de gases de escape en un intervalo de temperatura desfavorable. Además, cuando se usa urea como agente reductor en la zona de los intercambiadores de calor, existe el peligro del depósito de amoníaco o sales amónicas y, por tanto, de corrosión.

Sin embargo, la introducción o inyección del agente reductor en la corriente de gases de combustión en el intervalo de temperatura óptimo es crítica para la efectividad de la reducción de óxido de nitrógeno y, por tanto, la desnitrificación.

5 En caso de inyección de los agentes reductores por encima de 1100°C, el agente reductor se oxida en medida creciente formando óxidos de nitrógeno, con lo que por un lado disminuye la velocidad de separación de los óxidos de nitrógeno y, por otro lado, aumenta el consumo de agentes reductores. Sin embargo, si se inyecta a temperaturas más bajas, la velocidad de reacción se reduce, por lo que se produce el llamado deslizamiento de amoníaco, que conduce a la formación de sales de amoníaco o amónicas en el curso de la siguiente trayectoria de los gases de escape, en particular los gases de combustión. Esto da lugar a problemas secundarios, como por ejemplo una carga o contaminación de las cenizas volantes con sales de amoníaco o amónicas, cuya cantidad por un lado aumenta considerablemente y, por otro lado, su eliminación es más complicada y, por tanto, más cara.

10 Ya se ha intentado afrontar este problema, por ejemplo las superficies de calentamiento o los intercambiadores de calor fueron dispuestos de forma desplazable por encima de la caldera de combustión o se realizó una inyección de agentes reductores por medio de lanzas de inyección más largas, enfriadas con agua. Pero tampoco estas modificaciones pueden evitar las asimetrías de temperatura que se producen debido al funcionamiento, es decir, se producen grandes diferencias de temperatura y diferentes velocidades de flujo en un plano perpendicular a la dirección de flujo principal de los gases de escape, que pueden conducir a que los agentes reductores no se distribuyan uniformemente a través de toda la sección transversal de la caldera. Esto siempre tiene como resultado una inyección de agentes reductores en regiones del gas de combustión que se sitúan fuera de la región o ventana de temperatura activa. Las consecuencias son de nuevo un grado de separación de óxido de nitrógeno insuficiente, un alto consumo de agente reductor, así como un alto deslizamiento de amoníaco.

15 Para abordar estos problemas, ya se han hecho intentos en los que a los agentes reductores se les ha añadido agua para enfriar los gases de combustión a las temperaturas necesarias para la reducción. Con este procedimiento se pueden lograr mejoras individualizadas en la separación o eliminación de óxidos de nitrógeno de los gases de combustión, pero el procedimiento en conjunto sigue siendo insatisfactorio. Así, en caso de baja carga en la caldera de combustión, así como bajas temperaturas de los gases de combustión, la cantidad de agua tendría que reducirse para evitar un enfriamiento excesivo de los gases de combustión. Dado que durante la inyección, el espectro de gotas y, por tanto la profundidad de penetración, así como la distribución de los agentes reductores en la corriente de gases de escape, dependen del caudal respectivo, una cantidad demasiado pequeña de agua conduce a una distribución desfavorable de los agentes reductores en el gas de combustión y, por tanto, a una disminución del grado de separación de los óxidos de nitrógeno, así como a un mayor consumo de agentes reductores.

20 Sin embargo, si la cantidad de líquido se mantiene constante al disminuir la temperatura de los gases de combustión, entonces la distribución de las gotas o el espectro de gota y, por tanto, la profundidad de penetración, así como la distribución de los agentes reductores en los gases de combustión, permanecen constantes, pero el gas de combustión se enfría tan fuertemente que las condiciones de reducción son desfavorables y resulta un deslizamiento de amoníaco más alto.

25 Finalmente, en este procedimiento también sigue sin resolver el problema de que en muchas instalaciones de calderas, especialmente cuando estas son reequipadas con una instalación de desnitrificación, la ventana de temperatura para una reducción efectiva y óptima de los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases de combustión, especialmente en caso de carga completa de la instalación de caldera, se sitúa a menudo en espacios intermedios estrechos de difícil acceso en la región de los intercambiadores de calor o superficies de calentamiento. En esta zona es difícil por un lado alcanzar todo el volumen de los gases de combustión con el agente reductor, por otro lado no se puede descartar, especialmente cuando se usa urea, que las partículas de urea incidan en los tubos de la caldera y los intercambiadores de calor o las superficies de calentamiento y causen daños allí por corrosión. Sin embargo, el uso de soluciones de urea como agente reductor no puede ser siempre evitado debido a la alta profundidad de penetración en el gas de combustión.

30 En suma se ve que hasta ahora no existe ningún procedimiento que se pueda emplear de forma barata y flexible para la desnitrificación de gases de escape de procesos técnicos, como los gases de combustión, que en todas las condiciones, incluso con configuraciones constructivas de la cámara de combustión adversas o desfavorables sean posibles buenas tasas constantes de separación de óxidos de nitrógeno de los gases de escape de procesos técnicos.

35 Por tanto, la presente invención se propone el objeto de proporcionar un procedimiento y un dispositivo o instalación para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno, preferiblemente mediante reducción química de los óxidos de nitrógeno, en el que se eviten al menos en gran medida o al menos se mitiguen los problemas e inconvenientes que se producen en el relación con el estado de la técnica descritos anteriormente.

40 En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo o instalación adecuado para la realización de este procedimiento, con el que puedan ser desnitrificados gases de escape de instalaciones industriales, de modo que el procedimiento y el dispositivo o la instalación puedan ser empleados de forma flexible, en particular

que incluso sean adecuados para el reequipamiento de calderas de combustión ya existentes y que se consigan la eficiencia o el grado de eficiencia de una reducción selectiva catalítica, pero el coste sea comparable con el de una reducción selectiva no catalítica convencional.

5 Además es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento con el cual los gases de combustión sean enfriados selectivamente. En particular, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento con el cual los gases de combustión sean enfriados a temperaturas especiales y, por tanto, sean preparados para un tratamiento posterior.

10 El objeto descrito anteriormente se consigue según la invención mediante un procedimiento según la reivindicación 1; otros perfeccionamientos ventajosos y configuraciones del procedimiento según la invención son el contenido de las reivindicaciones de procedimiento correspondientes.

Otro objeto de la presente invención es un dispositivo o instalación según la reivindicación 11; otros perfeccionamientos ventajosos y configuraciones de este aspecto de la invención son el contenido de la reivindicación de dispositivo correspondiente.

Otro objeto de la presente invención es el uso del dispositivo según la invención de acuerdo con la reivindicación 13.

15 Otro objeto más de la presente invención es el uso del dispositivo según la invención de acuerdo con la reivindicación 14.

20 Naturalmente se entiende que las peculiaridades, características, configuraciones y formas de realización, así como las ventajas o similares, que serán explicadas a continuación solo respecto a un aspecto de la invención - con el fin de evitar repeticiones innecesarias- son válidas naturalmente también correspondientemente con respecto a los otros aspectos de la invención, sin que sea precisa una mención explícita.

Además, se sobreentiende que en la siguiente indicación de valores, números y rangos, las indicaciones de valores, números y rangos correspondientes no deben entenderse como restrictivos; el experto puede entender por sí mismo que los rangos o indicaciones mencionados pueden variar de los rangos o datos indicados dependiendo del caso individual o de la aplicación sin que se abandone el marco de la presente invención.

25 Además, todos las indicaciones de valores o parámetros o similares mencionados a continuación pueden ser determinados o averiguados esencialmente con procedimientos de determinación normalizados o estandarizados o explícitamente indicados o que son familiares en sí para el experto en la materia.

Hechas estas observaciones previas, la presente invención se describirá con más detalle a continuación.

30 El objeto de la presente invención - de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención- es por tanto un procedimiento para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar y/o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno, en particular un proceso para la desnitrificación de gases de escape de instalaciones industriales, en el que

35 (a) en una primera etapa de procedimiento se lleva a cabo un enfriamiento selectivo de los gases de escape, en el que al menos un refrigerante es introducido en la corriente de gases de escape y/o puesto en contacto con esta, siendo el refrigerante un líquido refrigerante, siendo introducido el refrigerante en la corriente de gases de escape por medio de dispositivos de inyección, de modo que por la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, la corriente de gases de escape se enfría en su totalidad o por sectores, y de modo que los gases de escape son enfriados a temperaturas en el rango de 750 a 1200°C; y

40 (b) simultáneamente y/o posteriormente en una segunda etapa de procedimiento se lleva a cabo la eliminación y/o la separación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape, realizándose la separación y/o la eliminación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape mediante reducción química de los óxidos de nitrógeno y de modo que al menos un agente reductor que contiene nitrógeno es puesto en contacto con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno y/o es introducido en la corriente de los gases de escape que contiene óxidos de nitrógeno,

45 en el que se establece al menos un perfil de temperatura de los gases de escape, de modo que en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado, la corriente de gases de escape es subdividida en secciones, siendo asignados a las secciones dispositivos de inyección individuales definidos para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape y/o grupos definidos de dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, de modo que los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape pueden ser controlados individualmente o por grupos en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y/o de la señal de carga, realizándose la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape de tal manera que se ajusta un perfil de temperatura deseado de la corriente de gases de escape.

5 Por tanto, la presente invención proporciona un procedimiento en el que los gases de escape de procesos técnicos, en particular gases de combustión, en primer lugar son enfriados y a continuación son desnitrificados, es decir, los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases de escape son eliminados o separados de los gases de escape. Mediante el enfriamiento selectivo de los gases de escape estos son preparados de manera óptima para el tratamiento posterior de los gases de escape, en particular la eliminación de óxidos de nitrógeno o su separación. En particular se garantiza que el tratamiento adicional de los gases de escape, en particular la eliminación o separación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape, tenga lugar en un rango de temperatura óptimo.

El procedimiento según la invención puede llevarse a cabo como procedimiento SCR o como procedimiento SNCR, ya que el procedimiento SCR también requiere ventanas de temperatura especiales para una alta eficiencia.

10 En el marco de la presente invención, sin embargo, es preferible que el procedimiento según la invención se lleve a cabo en el marco de un procedimiento SNCR. En comparación con el procedimiento SCR, el procedimiento SNCR es significativamente más simple y más barato de llevar a cabo; en particular, es posible también en general sin problemas el reequipamiento de calderas de combustión con instalaciones SNCR. Además, el procedimiento según la invención ofrece la posibilidad de evitar los problemas e inconvenientes que a menudo se producen en las instalaciones o procedimientos SNCR, como por ejemplo un grado de eficacia únicamente bajo en la desnitrificación de los gases de escape o la inyección necesaria del agente reductor en zonas de difícil acceso de la instalación, ya que solo allí existe un rango de temperatura favorable para la reducción.

20 Por el enfriamiento selectivo de los gases de escape se puede ajustar un perfil de temperatura especial de la corriente de gases de combustión. Este puede ajustarse de modo que sea posible una adición óptima del agente reductor, en particular por la presente invención será posible seleccionar o componer el agente reductor de manera que con respecto a la distribución en la corriente de gases de escape, la profundidad de penetración, así como la cinética de la reacción sean ajustadas de forma óptima a la temperatura ajustada por el enfriamiento, la velocidad del gas de combustión y la cantidad de gases de combustión.

25 El procedimiento según la invención proporciona así tasas de separación de óxidos de nitrógeno de los gases de escape, que son comparables con las del procedimiento de reducción catalítica, pero las ventajas de coste en la adquisición y mantenimiento de una instalación SNCR se mantienen.

30 En particular se garantiza igualmente por el procedimiento según la invención que el volumen de la corriente de gases de escape puede ser tratado al menos aproximadamente por completo con el agente reductor incluso en condiciones constructivas desfavorables. Si, por ejemplo, la zona de temperatura óptima para la inyección de agentes reductores a plena carga de una caldera de combustión se sitúa en una zona no accesible o accesible solo de forma limitada por motivos de construcción, de modo que una inyección del agente reductor no sea posible o lo sea solo de forma insuficiente, es posible por el enfriamiento selectivo transferir el rango de temperatura óptimo para la reducción a zonas de mejor acceso de la instalación. De esta manera pueden ser tratadas también zonas de la corriente de gases de combustión, que de otro modo no serían accesibles con un procedimiento SNCR.

35 Por el procedimiento según la invención, que incluye un enfriamiento selectivo de los gases de escape, pueden ser compensadas incluso grandes asimetrías de temperatura, es decir, fuertes diferencias de temperatura en la corriente de gases de combustión, de modo que se pueda realizar una eliminación o separación eficiente de los óxidos de nitrógeno de los gases de combustión.

40 El procedimiento según la invención sorprendentemente permite una eliminación significativamente eficiente de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape, en particular los gases de combustión, siendo su eficiencia o efectividad comparable a la eficiencia de los procedimientos de reducción catalítica.

45 En particular, cuando se usan mezclas de agentes reductores, como por ejemplo mezclas de soluciones de amoníaco y soluciones de urea, se puede lograr una mezcla óptima para el perfil de temperatura ajustado en cada caso, de modo que, por un lado, la tasa de separación de óxidos de nitrógeno se incremente significativamente, y por otro lado, el deslizamiento de amoníaco, así como el consumo de agentes reductores, se reduzcan significativamente.

50 En comparación con los procedimientos ya conocidos, que se basan en el uso de varios agentes reductores, el procedimiento según la invención es mucho más fácil y barato de realizar y proporciona tasas de separación más constantes, ya que por el enfriamiento selectivo y el ajuste que se produce por ello de un perfil de temperatura especial de los gases de combustión, se obtienen siempre condiciones óptimas para la reducción de los óxidos de nitrógeno a nitrógeno elemental.

Además, con el procedimiento según la invención se puede evitar también la corrosión de partes de la instalación que se produce en los procedimientos SNCR del estado de la técnica, como se observa en particular cuando se usa urea como agente reductor.

55 Según la invención, en cuanto al refrigerante se trata de un líquido refrigerante, en particular un líquido refrigerante no combustible y/o inerte, preferiblemente agua. Generalmente se prefiere el agua como líquido refrigerante o refrigerante porque es barato y está disponible en grandes cantidades. Además, el agua ya se usa en la mayoría de los procedimientos SNCR para disolver los agentes reductores o para ajustar un contenido específico de agentes

reductores en la solución de agentes reductores. Cuando se usa agua como refrigerante se puede recurrir por tanto al mismo depósito de agua o a las mismas partes de la instalación para el suministro de agua que para el ajuste de los agentes reductores.

5 En el marco de la presente invención se obtienen resultados particularmente buenos si el refrigerante se introduce en la corriente de gases de escape con una distribución fina, en particular es pulverizado o inyectado. En este caso ha resultado particularmente eficiente una inyección del refrigerante, ya que se puede lograr un espectro de gotas particularmente óptimo, así como una profundidad de penetración ajustable de forma flexible del refrigerante en los gases de combustión en función del diseño de las boquillas, así como de la aplicación de presión coordinada con él y el caudal en circulación. La presión requerida para la inyección es generada habitualmente por aire comprimido o vapor.

10 En el marco de la presente invención el refrigerante es introducido en la corriente de gases de escape por medio de dispositivos de inyección, en particular lanzas de inyección. En este contexto se ha demostrado que es particularmente ventajoso si cada dispositivo de inyección tiene una o varias boquillas para introducir el refrigerante en la corriente de gases de escape, en particular de 1 a 20, preferiblemente de 1 a 15, más preferiblemente de 1 a 10, de forma especialmente preferida de 1 a 5 boquillas. Mediante un gran número de boquillas se puede lograr una distribución particularmente uniforme del refrigerante a través de toda la sección transversal de la corriente de gases de escape.

15 Se logra un enfriamiento particularmente eficiente de la corriente de gases de escape, en particular cuando los dispositivos de inyección están dispuestos en de 1 a 10 planos de inyección, en particular de 1 a 7, preferiblemente de 1 a 5, más preferiblemente de 1 a 3, de forma particularmente preferida en un plano de inyección. Para la mayoría de las aplicaciones es suficiente si existe un plano de inyección para introducir el refrigerante en la corriente de gases de escape. Sin embargo, si no fuera posible conseguir el perfil de temperatura deseado con solo un plano de inyección, también pueden estar previstos varios planos de inyección, realizándose determinaciones de temperatura eventualmente entre los planos individuales y también ya puede ya ser introducido el agente reductor en la corriente de gases de combustión.

20 Una disposición de boquillas de inyección en planos de inyección preferiblemente perpendiculares a la dirección principal de la corriente de gases de escape permite una distribución particularmente uniforme del refrigerante y, por tanto, un enfriamiento particularmente uniforme de la corriente de gases de escape. Sin embargo, es posible desviarse de esta disposición si, por ejemplo, solo se debe enfriar una parte de la corriente de gases de escape, por ejemplo si esta zona ya no se puede alcanzar más tarde con otros dispositivos de inyección, como por ejemplo entre los intercambiadores de calor o las superficies de calentamiento de calderas de combustión.

25 En este contexto puede estar previsto que cada plano de inyección tenga de 1 a 20 dispositivos de inyección, en particular de 1 a 15, preferiblemente de 1 a 12. Del mismo modo, también puede estar previsto que el refrigerante se introduzca en la corriente de gases de escape a través de 1 a 200 dispositivos de inyección, en particular de 2 a 100, preferiblemente de 5 a 60, más preferiblemente de 30 a 36, de forma particularmente preferida de 1 a 12 dispositivos de inyección.

30 Se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención cuando los dispositivos de inyección son controlados individualmente y/o por grupos, preferiblemente de forma individual.

35 En este caso puede estar previsto que la salida del refrigerante de los dispositivos de inyección para cada dispositivo de inyección sea controlada individualmente y/o por grupos de dispositivos de inyección. Un control por grupos de los dispositivos de inyección y, en particular, un control individual de los dispositivos de inyección permite un enfriamiento de los gases de escape ajustable de forma particularmente flexible y efectiva. Así es posible enfriar los gases de escape por inyección del refrigerante específicamente en los lugares en los que el rango de temperatura para una reducción de los óxidos de nitrógeno no es óptimo. Por el control flexible de los dispositivos de inyección pueden proporcionarse siempre condiciones óptimas para el tratamiento posterior, concretamente la desnitrificación de los gases de escape.

40 Según la invención, la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape tiene lugar de tal manera que se ajusta un perfil de temperatura de la corriente de gases de escape deseado, en particular fijado previamente.

45 En este caso, es posible que en función de los requisitos respectivos pueda ser ajustado por ejemplo un perfil de temperatura uniforme a través de toda la sección transversal de la corriente de gases de escape, en particular con una temperatura uniforme y/o un intervalo de temperatura estrecho. Del mismo modo, sin embargo, también es posible ajustar un perfil de temperatura con una distribución de temperatura no uniforme.

50 En el marco de la presente invención la sección transversal de la corriente de gases de escape significa una sección transversal perpendicular a la dirección de flujo principal de los gases de escape.

55 Según el principio se prefiere un perfil de temperatura uniforme, en particular con una temperatura uniforme, ya que de esta manera se pueden obtener las mejores condiciones para la posterior reducción de los óxidos de nitrógeno. Con un perfil de temperatura uniforme se pueden conseguir grados de separación significativamente más altos de

separación de óxidos de nitrógeno, a la vez que un deslizamiento de amoníaco notablemente reducido y un consumo de agente reductor notablemente reducido.

5 No obstante, el ajuste de un perfil de temperatura no uniforme aún puede ser útil y deseable, por ejemplo si el intervalo de temperatura óptimo para la reducción de los óxidos de nitrógeno en el gas de combustión se sitúa en una zona de la instalación no accesible o de difícil acceso debido a la construcción, como por ejemplo en la zona de los intercambiadores de calor o las superficies de calentamiento. Aquí, entonces, se puede enfriar selectivamente la parte de la corriente de gases de combustión y a continuación ser agregado agente reductor antes de la entrada en la zona del intercambiador de calor, que situada entre los intercambiadores de calor o las superficies de calentamiento ya no puede ser alcanzada con dispositivos de inyección. Este problema se produce en particular cuando las calderas de combustión están operando a plena carga o son reequipadas con instalaciones SNCR. En estos casos, si se aplican los procedimientos SNCR anteriores es posible que hasta un 50% de la corriente de gases de escape y, por tanto de los óxidos de nitrógeno, no pueda ser alcanzado por el agente reductor.

15 Además, el procedimiento según la invención hace posible compensar las asimetrías de temperatura en la caldera de combustión o en la corriente de gases de escape que se producen por una combustión no uniforme del combustible en la caldera de combustión.

20 En el marco de la presente invención, la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape enfría la corriente de gas de escape en su totalidad o por sectores. En este contexto puede estar previsto que toda la sección transversal de la corriente de gases de escape se enfríe o refrigere y/o que se enfríen zonas seleccionadas de la sección transversal de la corriente de gases de escape, en particular perpendicularmente a la dirección de flujo principal de la corriente de gases de escape.

En el marco de la presente invención, por el término enfriamiento "por sectores" de la corriente de gases de escape se entiende que por la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape son enfriadas al menos secciones o regiones individuales de un plano que se extiende perpendicularmente a la dirección de flujo principal de los gases de escape.

25 Según la invención los gases de escape son enfriados en particular al menos por sectores a temperaturas en el intervalo de 750 a 1200°C, en particular de 800 a 1150°C, preferiblemente de 850 a 1100°C.

En este contexto puede estar previsto que sea enfriada toda la sección transversal de la corriente de gases de escape y/o que sean enfriadas zonas seleccionadas de la sección transversal de la corriente de gases de escape.

30 En los intervalos de temperatura mencionados anteriormente se consigue una reacción particularmente buena de los agentes reductores con los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases de escape, de modo que en estos intervalos de temperatura la tasa de separación de óxidos de nitrógeno sea particularmente alta, mientras que al mismo tiempo el deslizamiento de amoníaco, así como el consumo de agente reductor sean particularmente bajos.

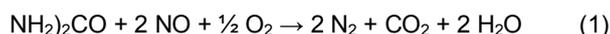
35 Un enfriamiento por sectores a las temperaturas antes mencionadas es considerado en particular siempre que partes de la corriente de gases de escape discurren a través de una parte de la instalación de difícil acceso debido a la construcción, pero en la que sin embargo existe el intervalo de temperatura óptimo para una reducción de los óxidos de nitrógeno. Esta parte especial de los gases de escape puede enfriarse selectivamente antes de la entrada a las zonas de difícil acceso o inaccesibles y ser tratada con agentes reductores, mientras que las otras zonas de la corriente de gases de escape no son enfriadas y/o tratadas con agentes reductores. Sin embargo, preferiblemente- siempre que se pueda- se tendrá un perfil de temperatura lo más uniforme posible de la corriente de gases de escape.

40 Los óxidos de nitrógeno eliminados en el marco de la presente invención son principalmente gases nitrosos, es decir monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno. No obstante, además también son eliminados de forma segura otros óxidos de nitrógeno de la corriente de gases de escape.

45 El procedimiento según la invención, en particular la reducción de los óxidos de nitrógeno, generalmente se lleva a cabo en ausencia de un catalizador. En el procedimiento según la invención se suprimen por tanto los altos costes de adquisición y mantenimiento de un catalizador para la reducción de los óxidos de nitrógeno.

El procedimiento según la invención se lleva a cabo preferiblemente como reducción selectiva no catalítica, en particular como un procedimiento SNCR.

50 En la reducción selectiva no catalítica (Selective Non Catalytic Reduction, SNCR) de óxidos de nitrógeno son inyectados en los gases de escape calientes o gases de combustión agentes reductores por lo general en solución acuosa (como por ejemplo agua de amoníaco o soluciones acuosas de urea) o en forma de gas (como por ejemplo amoníaco). Los agentes reductores reaccionan entonces con los óxidos de nitrógeno, como se ilustra en el ejemplo de los agentes reductores amoníaco y urea de acuerdo con las siguientes ecuaciones de reacción (1) y (2), para formar nitrógeno molecular, agua y dióxido de carbono.





- 5 El rango de temperatura óptimo, en el que se consigue una reducción significativa de los óxidos de nitrógeno, se sitúa generalmente en el intervalo de 900 y 1100°C, dependiendo de la composición del gas de combustión. Por encima de este rango de temperatura, el amoníaco es oxidado en mayor medida, es decir, se forman óxidos de nitrógeno adicionales.
- A temperaturas inferiores la velocidad de reacción disminuye, produciéndose un llamado deslizamiento de amoníaco, que puede conducir a la formación de sales de amoníaco o sales amónicas en el curso del siguiente recorrido de los gases de combustión y, por tanto, a problemas secundarios como la corrosión; por consiguiente, el deslizamiento de amoníaco debería mantenerse lo más bajo posible.
- 10 Por deslizamiento de amoníaco se entiende en particular aquella parte del amoníaco que no reacciona con los óxidos de nitrógeno para formar nitrógeno elemental. El amoníaco proviene o bien de una sobredosificación de amoníaco o es un producto de degradación de la termólisis de agentes reductores que contienen nitrógeno, como por ejemplo urea.
- 15 Para la mayoría de los casos de aplicación hasta ahora se ha utilizado o bien urea o agua de amoníaco como agente reductor. Para una separación óptima del óxido de nitrógeno con un mínimo deslizamiento de amoníaco, el agente reductor debe mezclarse uniformemente con los gases de combustión en el intervalo de temperatura óptimo. Para lograr el impulso para la mezcla perfecta, el agua de amoníaco requiere considerablemente más energía que para la urea, ya que el amoníaco tiene una presión de vapor significativamente más alta.
- 20 Además, las soluciones acuosas de urea y amoníaco tienen una cinética de reacción diferente, que se basa en particular en el hecho de que la urea disuelta en agua solo puede dividirse en radicales reactivos cuando el agua que rodea a las partículas de urea se ha evaporado por completo, por lo que con un consumo de energía relativamente bajo se garantiza una alta profundidad de penetración en los gases de escape.
- 25 Por el contrario, cuando se usan soluciones acuosas de amoníaco, el amoníaco se evapora inmediatamente después de la entrada en los gases de combustión de las gotitas de agua individuales, de modo que la reacción tiene lugar preferiblemente en las proximidades de las paredes de la caldera. Por tanto, la presión parcial de amoníaco a 38°C ya llega a 1 bar. El impulso necesario para la profundidad óptima de penetración de los agentes reductores en el caso de amoníaco presente en forma de gas debido a la baja masa en comparación con una gota de agua se puede lograr solo por un mayor gasto de energía, para lo cual la cantidad correspondiente de vapor o aire debe ser aumentada significativamente. Además de los mayores costes de funcionamiento, que resultan de los mayores consumos de energía, los costes de inversión para una instalación que funciona con agua de amoníaco son esencialmente mayores debido a los requisitos de seguridad, ya que el amoníaco es un gas venenoso que a temperatura ambiente puede fácilmente separarse en el agua.
- 30 Por tanto, el agua de amoníaco se asigna a la clase de riego para el agua 2 y además está sometida a las directrices técnicas para calderas de vapor debido al alto potencial de riego para el medio ambiente.
- 35 Sin embargo, debido al enlace químico del amoníaco en la molécula de urea, las soluciones de urea se pueden calentar hasta 106°C sin que el gas de amoníaco se evapore. La descomposición de la urea en amoníaco y gas de dióxido de carbono comienza solo a partir de 130°C y alcanza un máximo a aproximadamente 380°C. Dado que estas altas temperaturas no se pueden lograr durante el almacenamiento, no son precisas las medidas de seguridad necesarias para el agua de amoníaco. De acuerdo con la ley de aguas (WHG), a la solución de urea solo se asigna la clase de riesgo para el agua 1 (es decir, solo debe asegurarse que la urea no pueda llegar al agua subterránea, para lo cual es suficiente una cubeta colectora para el tanque de almacenamiento).
- 40 Sin embargo, las soluciones de urea tienen el inconveniente de que en caso de una sobredosificación de urea, esta se deposita en forma sólida en partes de la instalación y conduce a una corrosión no deseada. Esto es aún más así cuando las instalaciones para la realización de procedimientos SNCR están instaladas casi inmediatamente detrás de las cámaras de combustión, es decir, incluso antes de los intercambiadores de calor eventualmente presentes. A altas cargas o con una alta potencia de la cámara de combustión puede ser necesario inyectar la solución de urea en la zona de los intercambiadores de calor para permitir una reducción eficiente de los óxidos de nitrógeno. Sin embargo, esto implica el riesgo de que se acumule urea sólida en los intercambiadores de calor y, por tanto, conduzca a la corrosión de las piezas, que reduce la vida útil de la instalación y aumenta significativamente los costes de funcionamiento.
- 50 Según la invención está previsto que al menos un agente reductor que contiene nitrógeno sea puesto en contacto con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno y/o sea introducido en la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno.
- 55 También en el marco de la presente invención está previsto en general que la puesta en contacto o la introducción del agente reductor tenga lugar de tal manera que el agente reductor reaccione con los óxidos de nitrógeno, en particular reduzca los óxidos de nitrógeno, preferiblemente para formar nitrógeno elemental.

Además, se ha demostrado que es útil que el agente reductor sea seleccionado y usado de tal manera que reaccione con los óxidos de nitrógeno para dar nitrógeno elemental bajo comproporción. Por la comproporción de óxidos de nitrógeno y agentes reductores que contienen nitrógeno para formar nitrógeno elemental y preferiblemente otros componentes gaseosos se evita la formación de otros residuos, que deberían ser eliminados de manera costosa.

- 5 En el marco de la presente invención es preferible que el agente reductor sea usado en forma de una solución acuosa. En este contexto ha demostrado ser útil que se emplee como agente reductor amoníaco y/o urea, en particular en forma de sus soluciones acuosas.

10 La introducción del agente reductor en los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno se puede realizar mediante una pluralidad de medidas técnicas. Sin embargo, ha dado buen resultado en el marco de la presente invención que el agente reductor sea introducido en la corriente de gases de escape con una distribución fina, en particular sea pulverizado o inyectado. Especialmente mediante inyección puede realizarse una distribución fina del agente reductor con al mismo tiempo una profundidad de penetración sobresaliente del agente reductor en la corriente de gases de escape o corriente de gases de combustión, por lo que es posible una reducción particularmente efectiva y eficaz de los óxidos de nitrógeno.

- 15 Se ha demostrado que es ventajoso asimismo que el agente reductor sea introducido en la corriente de gases de escape por medio de dispositivos de inyección, en particular lanzas de inyección. La presión requerida para la inyección es generada generalmente por aire comprimido o vapor.

20 En este caso es posible que cada dispositivo de inyección tenga una o varias boquillas para la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape, en particular de 1 a 20, preferiblemente de 1 a 15, más preferiblemente de 1 a 10, de forma particularmente preferida de 1 a 5 boquillas. Por una pluralidad de boquillas por cada dispositivo de inyección se logra una distribución particularmente fina y uniforme del agente reductor en la corriente de gases de escape.

25 Del mismo modo ha resultado ventajoso a este respecto que los dispositivos de inyección están dispuestos en de 1 a 10 planos de inyección, en particular de 1 a 7, preferiblemente de 1 a 5. Por la disposición de los dispositivos de inyección en planos de inyección se puede garantizar que la sección transversal completa del reactor o el ancho completo de la corriente de gases de combustión pueda ser captada por el agente reductor o los agentes reductores.

Es posible que cada plano de inyección presente de 1 a 20 dispositivos de inyección, en particular de 1 a 15, preferiblemente de 1 a 12.

30 En general, el agente reductor es introducido en la corriente de gases de combustión a través de 1 a 200 dispositivos de inyección, en particular de 2 a 100, preferiblemente de 5 a 60.

En el marco de la presente invención se ha demostrado que es particularmente ventajoso si los dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor son controlados individualmente y/o por grupos, preferiblemente de forma individual.

35 Se logran resultados particularmente buenos si la salida del agente reductor de los dispositivos de inyección para cada dispositivo de inyección es controlada individualmente y/o por grupos de dispositivos de inyección. Los dispositivos de inyección individuales pueden ser regulados preferiblemente de forma individual o al menos por grupos, ya que la corriente de gases de escape, en particular la corriente de gases de combustión, no es una estructura homogénea, sino que está expuesta a fluctuaciones locales y temporales con respecto a su temperatura y composición. Además, en el marco de la presente invención también se puede ajustar un perfil de temperatura no uniforme de los gases de escape, que puede hacer necesaria una composición diferente del agente reductor o diferentes presiones y profundidades de penetración durante la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape.

40 Para garantizar un uso particularmente eficiente del agente reductor, los dispositivos de inyección puede ser regulados individualmente de manera ventajosa, es decir, los dispositivos de inyección puede ponerse en funcionamiento o desconectarse individualmente de forma ventajosa, pudiendo ser regulada también la presión y, por tanto, la profundidad de penetración del agente reductor en la corriente de gases de escape para cada dispositivo de inyección individualmente. Es particularmente ventajoso si los dispositivos de inyección individuales son regulados individualmente no solo con respecto a su uso y la presión de inyección, sino que también pueda ser controlada la composición del agente reductor inyectado, es decir o bien agentes reductores individuales o mezclas de los mismos, coordinados individualmente y a las condiciones respectivas.

45 Aunque la capacidad de control individual antes mencionada de todos los dispositivos de inyección con respecto a sus parámetros de funcionamiento, así como la composición del agente reductor conducen a los mejores resultados, también aumenta el gasto en tecnología de procesos y, por tanto, los costes de la desnitrificación.

50 Igualmente se obtienen muy buenos resultados- aunque con un gasto en tecnología de procesos mucho menor- si la composición o la relación de mezcla de los agentes reductores son ajustadas en conjunto para todos los dispositivos de inyección o al menos son ajustadas en conjunto para todos los dispositivos de inyección de un plano de inyección,

55

no obstante los dispositivos de inyección individuales pueden ser regulados individualmente con respecto a la presión de inyección y las condiciones de funcionamiento o relaciones de funcionamiento.

5 Con corrientes de gases de escape relativamente uniformes y/o según lo esperado, todavía se pueden lograr muy buenos resultados si los dispositivos de inyección son controlados por grupos. Un grupo de dispositivos de inyección debe entenderse en este caso como una unidad definida y/o controlable conjuntamente y/o compuesta por una pluralidad de dispositivos de inyección, en particular lanzas de inyección.

10 En el marco de la presente invención está previsto en general que se usen diferentes dispositivos de inyección para el refrigerante y para los agentes reductores, en particular en diferentes planos de inyección. De esta manera, en el marco de la presente invención se asegura que el enfriamiento de los gases de escape se realiza independientemente de la inyección o introducción de los agentes reductores en la corriente de gases de escape o puede ser regulado independientemente de esta.

15 Con respecto al transcurso temporal del procedimiento según la invención, se ha comprobado que es útil en el marco de la presente invención que el refrigerante sea introducido simultáneamente y/o anticipadamente en el tiempo, preferiblemente anticipadamente en el tiempo a la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape, y/o que el refrigerante y el agente reductor sean introducidos en la corriente de gases de escape alternativamente y/o en una secuencia fijada, preferiblemente en una secuencia fijada en el espacio y/o el tiempo, preferiblemente en el espacio. En este contexto se ha demostrado que es particularmente ventajoso si, durante la primera introducción, el refrigerante es introducido simultáneamente y/o anticipadamente en el tiempo, con preferencia anticipadamente en el tiempo, a la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape.

20 Por tanto, en el marco de la presente invención está previsto en general y se prefiere que el refrigerante se introduzca en primer lugar en la corriente de gases de escape, con lo cual se ajusta el perfil de temperatura fijado o deseado en la corriente de gases de escape. Posteriormente, se inyecta en la corriente de gases de escape un agente reductor coordinado exactamente con este perfil de temperatura especial o una mezcla de agentes reductores, con lo que se pueden conseguir resultados óptimos en cuanto a la tasa de separación de óxido de nitrógeno, el deslizamiento de amoníaco, así como el consumo de agentes reductores. No obstante, alternativamente, también puede estar previsto que la adición del agente reductor tenga lugar simultáneamente a la adición del refrigerante, pero de nuevo preferiblemente a través de dispositivos de inyección, respectivamente, separados o diferentes. De esta manera, el perfil de temperatura deseado es ajustado en presencia de los agentes reductores. Además, sin embargo, también es posible añadir en primer lugar a la corriente de gases de escape el refrigerante y a continuación introducir el agente reductor igualmente en la corriente de gases de escape, pudiendo ser introducido otra vez refrigerante y/o agente reductor en la corriente de gases de escape si el efecto de reducción no es suficiente, en particular después de otra determinación del perfil de temperatura.

35 En cuanto a las temperaturas durante la introducción del agente reductor, estas pueden variar dentro de intervalos amplios. No obstante, pueden conseguirse resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención a temperaturas en el intervalo de 750 a 1200°C, en particular de 800 a 1150°C, preferiblemente de 850 a 1100°C. Se obtienen resultados particularmente buenos en estos intervalos de temperatura, en particular con soluciones acuosas de amoníaco o urea.

40 Asimismo, se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención, si la introducción del refrigerante o del agente reductor en la corriente de gases de escape puede ser controlada de forma específica y flexible.

De acuerdo con una forma de realización preferida según la invención, en la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, en particular su cantidad y/o el momento de la introducción son controlados mediante una evaluación de la señal de carga y/o la determinación de la temperatura de los gases de escape.

45 En este caso puede estar previsto que la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape sea controlada mediante una evaluación de la señal de carga y/o mediante la determinación de la temperatura del gas de escape.

50 Según una forma de realización preferida de la presente invención, la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape, en particular su cantidad y/o el instante de introducción, es controlada mediante la determinación de la temperatura de los gases de escape y/o el contenido de óxido de nitrógeno del gas puro resultante después del tratamiento.

55 Puede estar previsto en este caso que la introducción de los agentes reductores en la corriente de gases de escape sea controlada mediante una evaluación de la señal de carga y/o mediante la determinación de la temperatura del gas de escape y/o mediante una comparación entre un valor medido para el contenido de óxido de nitrógeno residual del gas puro resultante después del tratamiento por un lado y un valor teórico predeterminado por otro lado. Además también es posible que sea determinado además el deslizamiento de amoníaco y sea tenido en cuenta igualmente en el control del proceso.

5 En el marco de la presente invención se entiende por una señal de carga la especificación de la carga respectiva con la que es operado un dispositivo de combustión, tal como por ejemplo una instalación de combustión de gran tamaño, en particular una caldera de combustión. La carga corresponde así a la potencia que es liberada por el dispositivo de combustión y generalmente se expresa en porcentaje, correspondiendo la carga completa (100%) a la potencia para la cual el dispositivo de combustión está diseñado para una combustión y carga óptimas.

10 En el marco de la presente invención está previsto que se establezca al menos un perfil de temperatura de los gases de escape, en particular en forma de uno o varios planos, en particular mediante medición acústica y/u óptica de la temperatura, preferiblemente medición acústica de la temperatura. La determinación de un perfil de temperatura con resolución espacial y temporal de uno o varios planos de la corriente de gases de escape permite un control específico de los dispositivos de inyección individuales, por lo que por un lado el refrigerante y/o el agente reductor pueden ser empleados de manera efectiva, de modo que tenga lugar una reducción efectiva de los óxidos de nitrógeno y, por otro lado, puede ser evitada una sobredosificación de los agentes reductores con respecto a los óxidos de nitrógeno, que conduciría a un deslizamiento de amoníaco elevado. De igual modo se impide un enfriamiento demasiado fuerte o demasiado insignificante de los gases de escape.

15 En este contexto han dado buen resultado procedimientos para la medición acústica de la temperatura, en particular la medición acústica de la temperatura del gas, con los que se determinan las verdaderas temperaturas del gas y se calculan los perfiles de temperatura a través de la sección transversal de la cámara de combustión o la sección transversal del dispositivo de tratamiento de gases de escape cerca de los puntos de inyección.

20 Un sistema empleado preferiblemente según la invención consiste en unidades de emisor y receptor de idéntica construcción mecánica y eléctrica, que están colocadas en las paredes del dispositivo de tratamiento de gases de escape inmediatamente aguas abajo de la cámara de combustión, en particular la caldera de combustión, y una unidad de control externa. Durante la medición, una válvula (por ejemplo, una válvula de solenoide) abre un conducto de aire comprimido en el lado del emisor, con lo que son generadas señales acústicas. Las señales son registradas simultáneamente en los lados del emisor y el receptor. El tiempo de propagación del sonido puede ser determinado a partir de las señales digitalizadas. Dado que el recorrido es conocido, se obtiene la velocidad del sonido, que es convertida en una temperatura, la denominada temperatura de la ruta. Con varias unidades emisor/receptor que actúan de forma combinada en un plano se obtienen múltiples configuraciones de rutas, con las que se puede determinar la distribución bidimensional de la temperatura en un plano inmediatamente y sin retardo.

25 No obstante, además también es posible calcular el perfil de temperatura basándose en la mecánica de fluidos computacional en tiempo real (en línea CFD, Computational Fluid Dynamics).

30 En lo que respecta a la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, en el marco de la presente invención la corriente de gases de escape es subdividida en secciones en función de los valores de temperatura de los gases de escape determinados y/o del perfil de temperatura de los gases de escape determinado, siendo asignados a las secciones dispositivos de inyección individuales definidos para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape y/o grupos definidos de dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape. De esta forma se consigue que incluso a temperaturas de los gases de escape que cambian constantemente, la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape pueda ser dosificada para que siempre se consiga el perfil de temperatura deseado de los gases de escape. Esto simplifica considerablemente la posterior reducción de los óxidos de nitrógeno en los gases de escape.

35 Se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención si la corriente de gases de escape se subdivide en secciones en función de los valores de temperatura de los gases de escape determinados y/o del perfil de temperatura de los gases de escape determinado, siendo asignadas a las secciones dispositivos de inyección individuales definidos y/o grupos de dispositivos de inyección definidos para la introducción del agente reductor. Con esto se asegura que incluso en caso de temperaturas variables de los gases de escape el agente reductor llegue a los lugares efectivos para una reacción y que la instalación siempre funcione en el rango óptimo con respecto al grado de separación de óxidos de nitrógeno, el deslizamiento de amoníaco y el consumo del agente reductor.

40 De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida según la invención, los dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor son controlados en particular individualmente o por grupos, en función de los valores de temperatura de los gases de escape determinados y/o del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y/o de la señal de carga y/o de una comparación entre un valor medido para el contenido de óxido de nitrógeno residual del gas puro resultante después del tratamiento, por un lado, y un valor de ajuste predeterminado, por otro lado.

45 En este contexto se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención cuando los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante y los dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor son controlados conjuntamente en función de los valores de temperatura de los gases de escape determinados y/o del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y/o de la señal de carga.

En este contexto es preferible en particular que el control de los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante y el control de los dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor sean coordinados entre sí.

5 Por la coordinación o la disposición de red de los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante, por un lado, y la introducción del agente reductor, por otro lado, se pueden obtener resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención, ya que la composición y la profundidad de penetración del agente reductor siempre se adapta de manera óptima al perfil de temperatura ajustado. Y viceversa, el perfil de temperatura depende nuevamente de la elección del agente reductor o de la mezcla de agentes reductores, así como del contenido de óxidos de nitrógeno en los gases de escape, la denominada carga de  $\text{NO}_x$ .

10 Para el control de los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante es importante principalmente solo la temperatura de los gases de escape determinada, así como la cantidad de gases de escape, mientras que en el control de la introducción del agente reductor juegan un papel otros factores, como por ejemplo el contenido de óxidos de nitrógeno en los gases de escape.

15 En este contexto se ha demostrado que es ventajoso que los dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor sean controlados adicionalmente en función de una comparación entre un valor medido para el contenido residual de óxido de nitrógeno del gas puro resultante después del tratamiento, por un lado, y un valor teórico predeterminado, por otro lado. Como resultado, la eficiencia o la efectividad de la separación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape es comprobada continuamente y las dosificaciones excesivas, así como las dosificaciones insuficientes del agente reductor pueden ser evitadas o al menos ser compensadas de inmediato.

20 Se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención, cuando como agente reductor al menos dos agentes reductores que contienen nitrógeno diferentes se ponen en contacto con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno y/o se introducen en la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno.

25 Además, ha demostrado ser útil si los agentes reductores diferentes entre sí son seleccionados y usados de tal manera que reaccionan con los óxidos de nitrógeno, respectivamente, bajo comproporción para formar nitrógeno elemental. Por la comproporción de óxidos de nitrógeno y agentes reductores que contienen nitrógeno para formar nitrógeno elemental y preferiblemente otros componentes en forma gaseosa se evita la formación de otros residuos, que deben ser eliminados de manera costosa.

30 Se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención, cuando los agentes reductores diferentes entre sí reaccionan bajo diferentes condiciones de reacción con los óxidos de nitrógeno, en particular bajo temperaturas diferentes entre sí o bajo condiciones cinéticas y/o termodinámicas diferentes entre sí.

35 Por tanto, los agentes reductores diferentes entre sí difieren preferiblemente no solo en su composición química, sino también en sus propiedades físicas o sus temperaturas de reacción y velocidades de reacción preferidas. De esta manera es posible conseguir un reactivo de reducción novedoso mediante la mezcla selectiva de al menos dos agentes reductores diferentes, el cual puede ser adaptado individualmente, así como con flexibilidad al caso de aplicación respectivo. De forma ideal los agentes reductores utilizados difieren tanto en sus propiedades que al mezclarlos se puede obtener un rango de acción óptimo lo más amplio posible.

40 En cuanto a la incorporación de los agentes reductores en los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, se ha demostrado que es ventajoso si se usa al menos un agente reductor en forma de una solución acuosa. Sin embargo, se obtienen aún mejores resultados si todos los agentes reductores se usan en forma de soluciones acuosas. Mediante el uso de soluciones acuosas y la variación específica de las concentraciones de los agentes reductores en las soluciones respectivas, la profundidad de penetración de los agentes reductores en la corriente de gases de combustión puede ser controlada selectivamente, por lo que es posible un uso personalizado y eficiente de los agentes reductores.

45 Preferiblemente se utilizan como agentes reductores diferentes entre sí amoníaco por un lado, y urea por otro, en particular en forma de sus soluciones acuosas.

50 El uso de soluciones de amoníaco tiene la ventaja de que son baratas de obtener a escala industrial, por lo que el procedimiento según la invención es muy barato de realizar, y el amoníaco se evapora directamente de la solución acuosa y reacciona ya cerca de la pared del reactor con los óxidos de nitrógeno. Sin embargo, la ventaja mencionada en último lugar también es un inconveniente, ya que a menudo es difícil o imposible con soluciones de amoníaco lograr una profundidad de penetración en la corriente de gases de combustión que permita una reducción eficiente de los óxidos de nitrógeno.

55 Por otro lado, las soluciones de urea tienen la ventaja de que con ellas se puede lograr una alta profundidad de penetración en la corriente de gases de combustión, ya que la urea se descompone en radicales  $\text{NH}_2$  después de que todo el agua se haya evaporado y puede reaccionar con los óxidos de nitrógeno. Sin embargo, por otro lado, en las soluciones de urea existe el riesgo de corrosión de partes de la instalación, especialmente cuando se usan en las proximidades de los intercambiadores de calor.

Mediante la combinación específica de los dos agentes reductores mencionados anteriormente, en particular en cada uno de los lugares de acción ventajosos, se pueden evitar los inconvenientes respectivos del agente reductor individual y solo aprovechar las ventajas.

5 Tanto las soluciones de amoníaco como las soluciones de urea se pueden almacenar bien en tanques diseñados correspondientemente, pudiendo estar previsto diluir nuevamente con agua las soluciones respectivas antes o después de la mezcla que eventualmente tiene lugar.

10 Si se usa amoníaco como uno de los agentes reductores en el marco de la presente invención, el amoníaco es proporcionado o empleado en particular preferiblemente en forma de una solución en particular acuosa que contiene de 10 a 35% en peso, en particular de 15 a 30% en peso, preferiblemente de 20 a 30% en peso, más preferiblemente en torno al 25% en peso, de  $\text{NH}_3$ .

Si se usa urea como uno de los agentes reductores para reducir el contenido de óxido de nitrógeno de los gases de escape se ha demostrado que es ventajoso en el marco de la presente invención que la urea sea proporcionada o empleada en forma de una solución, en particular acuosa, que contiene de 10 a 50% en peso, en particular de 20 a 50% en peso, preferiblemente de 30 al 50% en peso, más preferiblemente de 40 al 45% en peso de urea.

15 Asimismo, puede estar previsto que la solución acuosa de urea o la solución acuosa de amoníaco antes de la introducción de la solución o soluciones en la corriente de gases de escape sea mezclada con agua adicional.

20 Ambas soluciones de amoníaco y urea están disponibles comercialmente en los rangos de concentración mencionados anteriormente y se pueden almacenar bien. La adición adicional opcional de más agua de proceso a las mezclas de base respectivas permite un ajuste específico de la profundidad de penetración de los agentes reductores en el gas de combustión y permite un ajuste exacto del tamaño de gota de las soluciones de agentes reductores introducidas en la corriente de gases de escape. Esto también influye positivamente en la cinética de reacción.

Con respecto a la introducción de los agentes reductores en los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, puede estar previsto además que los agentes reductores diferentes entre sí, en particular amoníaco y urea, sean introducidos en la corriente de gases de escape por separado en el tiempo y/o el espacio.

25 Igualmente, sin embargo, también puede estar previsto que los agentes reductores diferentes entre sí se introduzcan juntos en la corriente de gases de escape, en particular después de una mezcla previa.

30 Asimismo se ha demostrado que es ventajoso en el marco de una reducción lo más eficiente posible y efectiva de los óxidos de nitrógeno en los gases de escape cuando los agentes reductores diferentes entre sí son introducidos en la corriente de gases de combustión en el curso del procedimiento separados uno de otro en el tiempo y/o el espacio, así como juntos después de la mezcla previa.

35 El procedimiento según la invención permite una introducción extremadamente flexible y adaptable a las condiciones de procedimiento respectivas de los agentes reductores en la corriente de gases de escape, en particular la corriente de gas de combustión. Asimismo es posible que en el curso del procedimiento los agentes reductores sean usados individualmente o como mezclas, es decir, en el curso del procedimiento puede cambiarse entre la introducción de un único agente reductor y la introducción de mezclas de los agentes reductores. Además de esta separación temporal de la introducción de los agentes reductores o las mezclas de los mismos, es posible también una introducción localmente separada de los agentes reductores o sus mezclas. Para ello, por ejemplo se puede introducir un único agente reductor en un lugar del reactor, mientras que en otro lugar es introducido el otro agente reductor o una mezcla de agentes reductores.

40 Si se usan amoníaco y urea como agentes reductores en el marco de la presente invención, se pueden obtener resultados particularmente buenos si se introducen en la corriente de gases de escape amoníaco y urea con una relación de amoníaco/urea referida al peso de 99 : 1 hasta 1 : 99, en particular de 95 : 5 hasta 5 : 95, preferiblemente de 9 : 1 hasta 1 : 9, más preferiblemente de 7 : 1 hasta 1 : 7, aún más preferiblemente de 4 : 1 hasta 1 : 6, incluso más preferiblemente de 2 : 1 hasta 1 : 5. Esto se aplica en particular en el caso de la introducción conjunta de amoníaco y urea. En los rangos mencionados anteriormente, se puede observar una eficiencia particularmente alta en la desnitrificación de los gases de escape y en un modo de acción sinérgico entre el amoníaco por un lado, y la urea por otro lado, lo que no solo repercute en una reducción significativa de los óxidos de nitrógeno, sino además en un consumo notablemente reducido de agentes reductores.

50 En cuanto a la cantidad de agentes reductores con respecto a la cantidad de óxidos de nitrógeno en los gases de escape, esta puede variar dentro de amplios márgenes. No obstante, en el marco de la presente invención se obtienen resultados particularmente buenos si los agentes reductores, en particular el amoníaco y la urea, son introducidos en la corriente de gases de escape en cantidades tales que la relación molar, en particular la relación equivalente, entre los agentes reductores introducidos en total, por un lado, y los óxidos de nitrógeno que reducen, por otro lado, se ajusten en el intervalo de 1 : 1 hasta 5 : 1, en particular de 2 : 1 hasta 4 : 1, preferiblemente en torno a 2,5 : 3,5. La relación equivalente se refiere en este caso a los equivalentes de amoníaco, que dependen de cuántas moléculas de amoníaco o radicales de  $\text{NH}_2$  descomponen los agentes reductores nitrogenados utilizados. Así, por ejemplo, una

molécula de urea corresponde a dos equivalentes de amoníaco, ya que una molécula de urea se descompone en dos radicales  $\text{NH}_2$  en la termólisis.

5 En lo que respecta a la relación de los agentes reductores, dentro del marco de la presente invención puede estar previsto que las relaciones referidas al peso de los agentes reductores entre sí, en particular las relaciones referidas al peso de la mezcla de agentes reductores y/o las concentraciones de las soluciones acuosas de los agentes reductores, sean ajustadas idénticas para todos los planos de inyección y/o sean ajustadas individualmente, en particular para cada dispositivo de inyección individual y/o para grupo de dispositivos de inyección, preferiblemente para cada dispositivo de inyección de forma individual.

10 El procedimiento según la invención, como se describió anteriormente, permite una reducción considerablemente mejorada de los óxidos de nitrógeno en los gases de escape en comparación con los procedimientos del estado de la técnica anterior, con una reducción simultánea de las cantidades de agentes reductores utilizados.

15 Otro objeto de la presente invención- de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención- es un dispositivo (instalación) para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar y/o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno, en particular un dispositivo (instalación) para la desnitrificación de gases de escape de instalaciones industriales, preferiblemente para la realización de un procedimiento como el descrito anteriormente, comprendiendo el dispositivo:

20 (a) un reactor para poner en contacto al menos un refrigerante y para poner en contacto y/o hacer reaccionar al menos un agente reductor con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, presentando el reactor una pluralidad de dispositivos de inyección para la introducción de al menos un refrigerante, así como una pluralidad de dispositivos de inyección para la introducción de al menos un agente reductor que contiene nitrógeno, de modo que los dispositivos de inyección pueden ser regulados individualmente y/o por grupos, preferiblemente de forma individual,

25 (b) al menos un dispositivo de almacenamiento (8), en particular asociado al reactor (2), preferiblemente a través de al menos un conducto de alimentación (8A) unido a los dispositivos de inyección (3A, 3B), en particular un recipiente de almacenamiento para almacenar y/o dispensar al menos un refrigerante (4),

(c) al menos un dispositivo de almacenamiento (9, 10), en particular asociado al reactor (2), preferiblemente unido a los dispositivos de inyección (5) a través de al menos un conducto de alimentación (9A, 10A), en particular un recipiente de almacenamiento para almacenar y/o dispensar al menos un agente reductor (6, 7),

(d) un dispositivo de medición (16) para el ajuste de un perfil de temperatura de los gases de escape y

30 (e) medios para controlar la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape, siendo dividida la corriente de gases de escape en secciones en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado, siendo asociados a las secciones dispositivos de inyección individuales (3A, 3B) definidos para la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape y/o grupos de dispositivos de inyección (3A, 3B) definidos para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape (4), de modo que los medios para el control están  
35 preparados para controlar los dispositivos de inyección (3A, 3B) para la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape, individualmente o por grupos, en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y, eventualmente de una señal de carga, de modo que por la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape se ajuste un perfil de temperatura deseado, siendo ajustada la corriente de gases de escape mediante la introducción del refrigerante (4) al menos por sectores a temperaturas en el intervalo de 750 a  
40 1200°C.

Como se explicó anteriormente en relación con el procedimiento según la invención, la salida del refrigerante de los dispositivos de inyección puede ser regulada individualmente para cada dispositivo de inyección y/o por grupos de dispositivos de inyección.

45 En este contexto se ha demostrado que es ventajoso si cada dispositivo de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape presenta una o varias boquillas, en particular de 1 a 20, preferiblemente de 1 a 15, más preferiblemente de 1 a 10, lo más preferiblemente de 1 a 5 boquillas.

De acuerdo con una forma de realización preferida según la invención, los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape están dispuestos en de 1 a 10 planos de inyección, en particular de 1 a 7, preferiblemente de 1 a 5, más preferiblemente de 1 a 3 planos de inyección, de forma  
50 especialmente preferida en un plano de inyección. En este contexto, se ha demostrado que cada plano de inyección presenta de 1 a 20 dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, en particular de 1 a 15, preferiblemente de 1 a 12. De esta manera se logra un enfriamiento particularmente eficiente y efectivo de la corriente de gases de escape.

55 En general está previsto en el marco de la presente invención que el dispositivo presente de 1 a 200 dispositivos de inyección para introducir el refrigerante en la corriente de gases de escape, en particular de 2 a 100, preferiblemente de 5 a 60, más preferiblemente de 3 a 36, de forma particularmente preferida de 1 a 12.

Además, en la presente invención es preferible que la salida del agente reductor de los dispositivos de inyección para cada dispositivo de inyección sea regulable individualmente y/o por grupos de dispositivos de inyección.

5 Asimismo, puede estar previsto que cada dispositivo de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape tenga una o varias boquillas, en particular de 1 a 20, preferiblemente de 1 a 15, más preferiblemente de 1 a 10, de forma particularmente preferida de 1 a 5.

En este contexto, ha demostrado ser útil que el dispositivo tenga de 1 a 200 dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape, en particular de 2 a 100, preferiblemente de 5 a 60.

10 Según una forma de realización preferida de la presente invención, los dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape están dispuestos en de 1 a 10 planos de inyección, en particular de 1 a 7, preferiblemente de 1 a 5.

En este caso puede estar previsto en particular que cada plano de inyección presente de 1 a 20 dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape, en particular de 1 a 15, preferiblemente de 1 a 12.

15 Además, en el marco de la presente invención es preferible que los dispositivos de inyección estén realizados para la introducción, en particular el pulverizado, preferiblemente inyección, de soluciones acuosas del agente reductor, en particular soluciones acuosas de amoníaco y/o urea.

A este respecto, se ha demostrado que es ventajoso que el dispositivo comprenda:

20 (c1) al menos un primer dispositivo de almacenamiento, en particular asociado al reactor, preferiblemente unido a los dispositivos de inyección a través de al menos un conducto de alimentación, en particular un primer recipiente de almacenamiento para almacenar y/o dispensar al menos un primer agente reductor y

(c2) al menos un segundo dispositivo de almacenamiento, en particular asociado al reactor, preferiblemente unido a los dispositivos de inyección a través de al menos un conducto de alimentación, en particular un segundo recipiente de almacenamiento, para almacenar y/o dispensar al menos un segundo agente reductor diferente del primer agente reductor.

25 En general, en el marco de la presente invención está previsto que el dispositivo esté conectado aguas abajo de un dispositivo de combustión, en particular una caldera de combustión, en particular inmediatamente aguas abajo.

30 En este contexto se ha demostrado que es particularmente ventajoso cuando el dispositivo está dispuesto entre un dispositivo de combustión y un dispositivo intercambiador de calor. De esta manera se pueden obtener las mejores tasas de separación en la eliminación o separación de los óxidos de nitrógeno a la par que un bajo consumo de agente reductor y un bajo deslizamiento de amoníaco.

35 Alternativamente, sin embargo, también puede estar previsto que el dispositivo esté conectado aguas abajo de un dispositivo de combustión, en particular una caldera de combustión, y se extienda dentro de la región de un dispositivo intercambiador de calor. En particular, si calderas de combustión o calderas de caldeo ya existentes son equipadas con el dispositivo de acuerdo con la invención, debido a la distribución de temperatura, así como a las peculiaridades constructivas, puede resultar que el dispositivo según la invención, en particular las lanzas de inyección, se encuentre en la zona de los dispositivos intercambiadores de calor o las superficies de calentamiento de la instalación o de la instalación de combustión de gran tamaño.

Asimismo, se ha demostrado que es ventajoso en el marco de la presente invención, que el dispositivo presente al menos un dispositivo de almacenamiento de agua para almacenar y/o dispensar agua.

40 En este caso puede estar previsto en particular que el dispositivo de almacenamiento de agua esté asociado al reactor, preferiblemente conectado a los dispositivos de inyección para introducir el agente reductor a través de al menos un conducto de alimentación. El agua es necesaria en el marco de la guía de procedimiento según la invención, en particular para ajustar exactamente las relaciones de concentración especiales del agente reductor antes de la inyección o introducción en el dispositivo según la invención. Como el agua también se usa en el marco de la presente invención como refrigerante preferido, en este caso solo es necesario un recipiente de almacenamiento tanto para el almacenamiento del refrigerante como para la preparación o mezcla del agente reductor.

45 Además, en el marco de la presente invención está previsto en general que el dispositivo presente al menos un dispositivo de almacenamiento de gas para almacenar y/o dispensar gases eventualmente comprimidos, en particular aire comprimido. En este caso puede estar previsto que el dispositivo de almacenamiento de gas esté asignado al reactor, preferiblemente esté conectado a los dispositivos de inyección para introducir el refrigerante en la corriente de gases de escape a través de al menos un conducto de alimentación. Alternativamente, sin embargo, también puede estar previsto que el dispositivo tenga al menos un dispositivo de almacenamiento de gas para almacenar y/o dispensar gases eventualmente comprimidos, en particular aire comprimido.

En este caso ha demostrado ser ventajoso que el dispositivo de almacenamiento de gas esté asignado al reactor, preferiblemente unido a los dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape a través de al menos un conducto de alimentación.

5 Asimismo, según la presente invención está previsto en general que la aplicación de presión de los dispositivos de inyección para descargar el refrigerante en el reactor se pueda realizar por medio de los gases almacenados en el dispositivo de almacenamiento de gas y/o que la aplicación de presión de los dispositivos de inyección para descargar el agente reductor en el reactor se pueda realizar por medio de los gases almacenados en el dispositivo de almacenamiento de gas.

10 Sin embargo, en el marco de la presente invención también pueden estar previsto que sean empleados diferentes dispositivos de almacenamiento de gas o dispositivos de almacenamiento de gas separados, respectivamente, para descargar el refrigerante y para descargar el agente reductor. Esto no tiene ningún efecto sobre el funcionamiento del dispositivo según la invención, sino que se debe únicamente a las peculiaridades de la construcción. Del mismo modo también se pueden usar las mismas unidades de control o unidades separadas para el control de la aplicación de presión para descargar el refrigerante, así como para descargar el agente reductor.

15 Se ha demostrado que es particularmente ventajoso en el marco de la presente invención que el dispositivo tenga al menos un dispositivo de dosificación y/o mezclado.

20 En este contexto puede estar previsto que el dispositivo de dosificación y/o mezclado esté conectado a los dispositivos de almacenamiento para proporcionar el agente reductor y a los dispositivos de inyección para proporcionar el agente reductor y a los dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape y al dispositivo de almacenamiento de agua eventualmente existente.

25 Además, puede estar previsto que el dispositivo de dosificación y mezclado esté realizado de manera que las concentraciones de las soluciones acuosas del agente reductor puedan ser reguladas de forma idéntica y/o para cada dispositivo de inyección individualmente para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape y/o por grupos de dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape, preferiblemente puedan ser regulados individualmente para cada dispositivo de inyección para la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape.

30 Además, se ha demostrado que es ventajoso que el dispositivo de dosificación y/o mezclado esté diseñado de tal manera que las relaciones de peso y/o volumen de los agentes reductores entre sí, en particular las relaciones de peso y/o volumen de mezclas de agentes reductores, y/o las concentraciones de soluciones acuosas de los agentes reductores se pueden regular de forma idéntica y/o individualmente, en particular para cada dispositivo de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape y/o por grupos de dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape, preferiblemente puedan ser regulados individualmente para cada dispositivo de inyección para la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape.

35 Según la invención está previsto que la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape pueda ser controlada mediante una determinación de valores de temperatura de los gases de escape y/o mediante una determinación de un perfil de temperatura de los gases de escape y/o por medio de una señal de carga. Asimismo está previsto según la invención que la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape pueda ser controlada mediante una determinación de valores de temperatura de los gases de escape y/o mediante una determinación de un perfil de temperatura de los gases de escape y/o mediante una señal de carga y/o mediante una comparación entre un valor medido para el contenido de óxido de nitrógeno residual del gas puro resultante después del tratamiento, por un lado, y un valor teórico predeterminado, por otro lado.

45 Se obtienen resultados particularmente buenos en el marco de la presente invención, cuando la introducción del refrigerante y la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape están coordinadas entre sí. De esta manera, en el marco de la presente invención, en particular en el marco del control del proceso según la invención, se pueden lograr efectos sinérgicos especiales, en particular con respecto a una tasa particularmente alta de separación de óxido de nitrógeno de los gases de escape a limpiar, así como una reducción significativa del consumo de agente reductor y del deslizamiento de amoníaco.

50 Según la invención está previsto que pueda ser ajustado un perfil de temperatura de la corriente de gases de escape mediante la entrada del refrigerante en la corriente de gases de escape.

En este caso, en particular puede estar previsto que pueda ser ajustado un perfil de temperatura uniforme o un perfil de temperatura no uniforme de la corriente de gases de escape.

55 En lo que atañe a este aspecto del dispositivo según la invención está previsto que la corriente de gases de escape pueda ser ajustada por la introducción del refrigerante- en particular al menos por sectores- a temperaturas en el intervalo de 750 a 1200°C, en particular de 800 a 1150°C, preferiblemente de 850 a 1100°C. En este intervalo de temperatura es posible una reducción extremadamente efectiva de los óxidos de nitrógeno contenidos en los gases de escape.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferida de la presente invención está previsto que el dispositivo tenga al menos un dispositivo de medición para la determinación de los valores de temperatura de los gases de escape y/o para la determinación de un perfil de temperatura de los gases de escape y/o para la determinación de una señal de carga y/o para la determinación de un valor para el contenido de óxido de nitrógeno residual del gas puro resultante después del tratamiento, en particular con el fin de controlar la introducción del refrigerante y/o del agente reductor en la corriente de gases de escape.

En este contexto se ha demostrado en el marco de la presente invención que es útil si el dispositivo, dispuesto en particular aguas arriba de los dispositivos de inyección para introducir el refrigerante, presenta un dispositivo de medición para la determinación de la temperatura de los gases de escape y/o para el ajuste de un perfil de temperatura de los gases de escape, en particular mediante medición acústica u óptica de la temperatura, preferiblemente mediante medición acústica de la temperatura. Pueden estar previstos además otros dispositivos de medición para el control.

También en este contexto puede estar previsto que la temperatura sea determinada varias veces en el curso del procedimiento o durante el flujo de los gases de combustión o gases de escape a través del dispositivo.

Para más detalles del dispositivo o instalación según la invención se hace referencia a las explicaciones anteriores relativas al procedimiento según la invención, que se aplican correspondientemente en relación con el dispositivo o instalación según la invención.

Otro objeto de la presente invención- de acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención- es el uso de un dispositivo como se describió anteriormente para la eliminación y/o separación de óxidos de nitrógeno de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, en particular gases de combustión.

Para más detalles sobre este aspecto de la invención se puede hacer referencia a las explicaciones anteriores con respecto al procedimiento según la invención o al dispositivo según la invención, que se aplican correspondientemente en relación con el uso según la invención.

Además, otro objeto de la presente invención- de acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención- es el uso de un dispositivo como el descrito anteriormente para el enfriamiento selectivo de gases de escape de procesos técnicos, en particular gases de combustión.

Para más detalles sobre este aspecto de la invención se puede hacer referencia a las explicaciones anteriores sobre los otros aspectos de la invención, que se aplican correspondientemente con respecto al uso de acuerdo con la invención.

El procedimiento según la invención y el dispositivo o instalación según la invención para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos se ilustran a modo de ejemplo y de forma no limitativa en la representación de la figuras adjunta.

Otras ventajas, propiedades, aspectos y características de la presente invención serán evidentes a partir de las siguientes descripciones de formas de realización preferidas según la invención, representadas en el dibujo.

La única representación de figura (Fig. 1) muestra una representación esquemática del dispositivo 1 según la invención para la realización de un procedimiento según la invención.

La figura muestra un reactor 2 para la realización del procedimiento según la invención para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión. El dispositivo según la invención está dispuesto usualmente aguas abajo de una caldera de combustión 11, por ejemplo la caldera de combustión de una instalación de combustión de gran tamaño, tal como una planta de cogeneración o una planta de incineración de residuos, y se encuentra inmediatamente aguas arriba de los intercambiadores de calor o superficies de calentamiento 12, en los que de los gases de combustión es extraída energía térmica y alimentada para una utilización posterior.

El reactor tiene una pluralidad de dispositivos de inyección 3A y 3B para la inyección de un refrigerante en el reactor 2. Los dispositivos de inyección 3A o 3B están dispuestos preferiblemente en un plano, de modo que la designación 3A o 3B está destinada únicamente a ilustrar que los dispositivos de inyección están diseñados preferiblemente de forma que pueden ser controlados individualmente para permitir un enfriamiento por sectores de los gases de escape o el ajuste de un perfil de temperatura específico de los gases de combustión.

Además, el reactor 2 tiene un sistema para la medición acústica de la temperatura del gas 16, que está dispuesto inmediatamente aguas arriba de los dispositivos de inyección 3A/3B para inyectar el refrigerante en la corriente de gases de escape.

Alternativamente, la medición de temperatura también puede realizarse después de un primer plano de inyección para el refrigerante, en cuyo caso preferiblemente está previsto al menos otro plano de inyección para introducir el refrigerante en el reactor 2. Del mismo modo, también es posible determinar la temperatura a través de varios sistemas para la medición acústica de la temperatura del gas 16.

En función del perfil de temperatura de la corriente de gases de escape determinado por la medición de la temperatura, los gases de escape pueden ser enfriados selectivamente por inyección del refrigerante y se puede ajustar específicamente una composición ideal del agente reductor, así como la profundidad de penetración o la presión de inyección y el tamaño de gota o el espectro de gota. El reactor 2 dispone además de una pluralidad de dispositivos de inyección 5, que en la representación de la figura para mayor claridad están dispuestos en tres planos de inyección. A través de los dispositivos de inyección 5 es introducido el agente reductor en el reactor 2. Preferiblemente, se inyecta una mezcla de diferentes agentes reductores en el reactor 2 a través de los dispositivos de inyección 5.

Los dispositivos de inyección 3A/3B para inyectar el refrigerante están conectados a un recipiente de almacenamiento 8 para el refrigerante a través de un conducto de alimentación 8A. Además, los dispositivos de inyección 3A/3B están conectados a un recipiente de almacenamiento 14 para descargar aire comprimido a través de un conducto de alimentación 14A. Los dispositivos de inyección 5 para inyectar el agente reductor están conectados a un recipiente de almacenamiento 14 para aire comprimido a través de un conducto de alimentación 14B.

Además, los dispositivos de inyección 5 están conectados a un dispositivo de mezclado 15 que está unido a los recipientes de almacenamiento 9 y 7 que contienen los agentes reductores 6 (amoníaco) y 7 (urea) en forma de sus soluciones acuosas a través de los conductos de alimentación 9A o 10A. Además, el dispositivo de mezclado 15 está conectado a un recipiente de almacenamiento 13 para agua a través de un conducto de alimentación 13A.

Alternativamente, sin embargo, también puede estar previsto que cuando se usa agua como refrigerante, en lugar de los dos recipientes de almacenamiento 8 y 13 solo se proporciona un recipiente de almacenamiento común para el agua.

Además, de acuerdo con otra alternativa puede estar previsto que el recipiente de almacenamiento 8 esté conectado igualmente al dispositivo de mezclado 15 a través del conducto de alimentación 8A.

Lo mismo también se aplica al recipiente de almacenamiento de aire comprimido 14, que de acuerdo con una alternativa puede ser conectado al dispositivo de mezclado 15 a través de los conductos de alimentación 14A y 14B, pudiendo en este caso también estar previsto que hasta el dispositivo de mezclado 15 solo este presente un único conducto de alimentación para aire comprimido y dos conductos de aire comprimido conduzcan desde el dispositivo de mezclado 15 hacia los dispositivos de inyección 3A/3B y 5.

A diferencia de la representación de la figura, el dispositivo de mezclado 15 puede estar conectado a las lanzas de inyección 5 preferiblemente no solo a través de un conducto de alimentación, sino a través de varios, en particular al menos cada plano de inyección de lanzas de inyección 5 está conectado al dispositivo de mezclado 15 a través de al menos un conducto de alimentación propio. Sin embargo, por razones de claridad, en la representación de la figura se prescindió de la representación de una pluralidad de conductos de alimentación.

Lo mismo se aplica también al caso en el que estén previstos varios planos de inyección de dispositivos de inyección 3A/3B para la inyección del refrigerante. Además, los dispositivos de inyección 3A/3B individuales pueden estar unidos a los dispositivos de almacenamiento para el aire comprimido y para el refrigerante a través de varios conductos de alimentación.

En el marco del procedimiento según la invención se actúa preferiblemente de tal modo que, basándose en un perfil de temperatura del gas de combustión determinado mediante la medición acústica de la temperatura, con la ayuda de los dispositivos de medición 16 y basándose en la señal de carga de la cámara de combustión, es inyectada agua en el reactor como refrigerante bajo aplicación de presión a través de los dispositivos de inyección 3A/3B, por lo que se logra un perfil de temperatura predeterminado, en particular una distribución de temperatura uniforme de los gases de combustión.

Además, es seleccionado un ajuste básico para la dosificación o adición del agente reductor en el reactor 2 en función de la señal de carga de la cámara de combustión.

En función del perfil de temperatura de la corriente de gases de combustión determinado mediante la medición acústica de la temperatura del gas con ayuda de los dispositivos de medición 16 y del perfil de temperatura de la corriente de gases de combustión ajustado mediante la inyección del agua refrigerante, en el dispositivo de mezclado 15, las proporciones de las soluciones de amoníaco y las soluciones de urea se ajustan entre sí y se determina la concentración de los agentes reductores en el reactor por adición de agua de proceso.

Puesto que por la adición de agua como refrigerante mediante el dispositivo de inyección 3A/3B se consigue un perfil de temperatura determinado de los gases de escape en el reactor 2, la relación de mezcla especial de los agentes reductores puede seleccionarse a partir de una selección de relaciones de mezcla determinadas y mantenerse durante un largo período de tiempo.

Como alternativa al esquema que se muestra en la representación de la figura, también es posible ajustar individualmente para cada dispositivo de inyección las proporciones respectivas de las soluciones de amoníaco respecto a la urea, así como la concentración total de los agentes reductores en la solución que es inyectada en el reactor. De acuerdo con la invención, sin embargo, es preferible si, debido al perfil de temperatura ajustado por el

enfriamiento, se puede trabajar con parámetros constantes ya fijados de antemano para la inyección de los agentes reductores.

5 A través del conducto de alimentación 14A y 14B es conducido entonces aire comprimido hacia las lanzas de inyección respectivas, por lo que la presión de salida respectiva y, por tanto, la profundidad de penetración específica y el tamaño de gota del refrigerante, así como de la solución de agentes reductores se establecen de manera específica. Alternativamente, sin embargo, también es posible en este caso dejar que la regulación del aire comprimido también sea determinada mediante un dispositivo de mezclado y dosificación junto con la mezcla respectiva de los agentes reductores.

10 Otras realizaciones, modificaciones, variaciones y peculiaridades de la presente invención serán reconocibles y realizables sin más para el experto sin apartarse del marco de la presente invención.

La presente invención se ilustrará con referencia a los siguientes ejemplos de realización, pero sin limitar la presente invención a los mismos.

### Ejemplos de realización

15 Para aclarar la eficacia del procedimiento según la invención, así como del dispositivo según la invención, el contenido de la presente invención se ilustra a modo de ejemplo con referencia a los siguientes ejemplos de realización. El procedimiento se ejecuta según la invención en un dispositivo como se ilustra esquemáticamente y a modo de ejemplo en la representación de una única figura.

20 El procedimiento según la invención para reducir los óxidos de nitrógeno de los gases de combustión es demostrado en una caldera de carbón del estado de la técnica a plena carga (225 MW<sub>el</sub>). Los gases de combustión tienen una asimetría de temperatura de 120°C al salir de la caldera de combustión. Entre la caldera y los intercambiadores de calor de la instalación está colocado un dispositivo según la invención para reducir el contenido de óxido de nitrógeno de los gases de combustión. El dispositivo según la invención consiste en una cámara de reacción en la que se inyecta agua como refrigerante a través de diez lanzas de inyección, que están colocadas en un plano de inyección. Inmediatamente aguas arriba de este plano de inyección está colocado un sistema de medición acústica de la temperatura, que permite crear un perfil de temperatura de la corriente de gases de combustión y de esta forma controlar las lanzas de inyección.

25 Aguas abajo de este plano de inyección a través de más de 36 lanzas de inyección distribuidas en 3 planos de inyección con, respectivamente 12 lanzas de inyección, se inyectan agua de amoníaco (25% en peso de NH<sub>3</sub>, referido al agua de amoníaco), solución de urea (40% en peso de urea, referido a la solución) y mezclas de los dos líquidos.

30 Respectivamente al comienzo del procedimiento o a intervalos regulares durante la duración del procedimiento, la carga de óxido de nitrógeno del gas bruto, es decir el gas de escape aún no tratado, es medida para permitir de esta manera en combinación con las señales de carga un ajuste aproximado del dispositivo de tratamiento de gases de escape, en particular con respecto a la inyección de los agentes reductores.

35 Durante toda la siguiente duración del procedimiento se determinan las cargas de óxido de nitrógeno de los gases de escape tratados (es decir, de los gases puros), así como el deslizamiento de amoníaco, por lo que es posible un ajuste fino del procedimiento según la invención o del dispositivo según la invención.

Se llevan a cabo varias series de ensayos: en primer lugar se realizan tres procedimientos no según la invención que se basan en el uso de soluciones de amoníaco o soluciones de urea o mezclas de las mismas, pero sin enfriamiento previo de los gases de escape.

40 A continuación se realizan desarrollos de procedimiento de acuerdo con procedimiento según la invención, que se basan en un enfriamiento previo y el establecimiento de un perfil de temperatura predeterminado de los gases de escape. En ninguna de las series de ensayos las soluciones acuosas de los agentes reductores son mezcladas con agua adicional. Los resultados de los desarrollos de procedimiento se resumen en la tabla 1.

45 Como se puede ver en los datos de la tabla 1, tanto la inyección únicamente de urea, como la inyección únicamente de solución de amoníaco sin enfriamiento previo de los gases de combustión proporciona una reducción del contenido de óxido de nitrógeno de los gases de escape, que no corresponde con los valores límite legales actuales. Esto se debe en particular al hecho de que la caldera presenta una asimetría de temperatura considerable y el rango de temperatura favorable para la reducción óptima a plena carga se sitúa en la zona de los intercambiadores de calor, que en parte es difícil de alcanzar mediante los dispositivos de inyección. Por inyección de los agentes reductores en zonas demasiado calientes de la corriente de gases de escape se favorece además una oxidación de los agentes reductores introducidos para formar óxidos de nitrógeno. En la reacción se eleva la cantidad de agente reductor inyectada, lo que a su vez conduce a un deslizamiento de amoníaco elevado y, por tanto, a una carga preocupante de las cenizas volantes con sales de amoníaco o amónicas.

55 El uso exclusivo de la urea, en contraste con el uso de amoníaco, tiene como resultado un deslizamiento de amoníaco notablemente mejorado ya que se reduce, pero conduce a una corrosión notable en los intercambiadores de calor, ya

5 que en particular a altas cargas de la caldera es necesaria una inyección en la zona del intercambiador de calor para que descienda el contenido de óxido de nitrógeno de los gases de combustión al nivel deseado. De los procedimientos no según la invención, solo la inyección conjunta de amoníaco y urea, variando la relación de amoníaco respecto a la urea en el rango de 1 : 99 hasta 99 : 1, da resultados satisfactorios con respecto a la separación de los óxidos de nitrógeno, quedando solo apenas por debajo del límite legal de 200 mg/Nm<sup>3</sup>. Pero incluso este procedimiento muestra un deslizamiento de amoníaco preocupantemente alto, así como un alto consumo de agente reductor.

10 Se obtienen resultados significativamente mejores con la ayuda del procedimiento según la invención, en el que todas las series de medición se mantienen claramente por debajo de los límites máximos que prescribe la ley para la contaminación de los gases de escape con óxidos de nitrógeno. Además, el deslizamiento de amoníaco se reduce significativamente en comparación con los desarrollos del procedimiento sin enfriamiento previo de los gases de combustión. Sin embargo, incluso en este caso, los mejores resultados son proporcionados por una combinación del enfriamiento de los gases de combustión y la inyección de una mezcla o una combinación de solución de amoníaco y solución de urea como agente reductor. Además, en este desarrollo de procedimiento también el consumo de agentes reductores se reduce en un 12% en comparación con una inyección de solución de amoníaco y urea sin enfriamiento  
15 previo de los gases de combustión.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar y/o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno, en particular procedimiento para la desnitrificación de gases de escape de instalaciones industriales, en el que
- (a) en una primera etapa del procedimiento se realiza un enfriamiento selectivo de los gases de escape, de modo al menos un refrigerante se introduce en la corriente de gases de escape y/o se pone en contacto con esta, en el que el refrigerante es un líquido refrigerante, en el que el refrigerante es introducido en la corriente de gases de escape mediante dispositivos de inyección, en el que por la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, la corriente de gases de escape es enfriada en conjunto o por sectores y en el que los gases de escape son enfriados a temperaturas en el intervalo de 750 a 1200°C; y
- 10 (b) simultáneamente y/o posteriormente en una segunda etapa de procedimiento se realiza la eliminación y/o separación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape, de modo que la separación y/o la eliminación de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape se realiza mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno y de modo que al menos un agente reductor que contiene nitrógeno es puesto en contacto con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno y/o es introducido en la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno,
- 15 en el que es establecido al menos un perfil de temperatura de los gases de escape, de modo que basándose en el perfil de temperatura de los gases de escape determinado, la corriente de gases de escape es subdividida en secciones, siendo asignados a las secciones dispositivos de inyección individuales definidos para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape y/o grupos definidos de dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape, de modo que los dispositivos de inyección para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape son controlados individualmente o por grupos en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y/o de la señal de carga,
- 20 caracterizado por que la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape se realiza de tal modo que se ajusta un perfil de temperatura deseado de la corriente de gases de escape.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el refrigerante es pulverizado o inyectado en la corriente de gases de escape.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que cada dispositivo de inyección presenta una o varias boquillas para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape y/o por que el refrigerante es introducido en la corriente de gases de escape por medio de 1 a 200 dispositivos de inyección, en particular de 2 a 100, preferiblemente de 5 a 60, más preferiblemente de 3 a 36, de forma particularmente preferida de 1 a 12 dispositivos de inyección.
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los gases de escape son enfriados a temperaturas en el intervalo de 800 a 1150°C, preferiblemente de 850 a 1100°C, en particular es enfriada toda la sección transversal de la corriente de gases de escape y/o son enfriadas zonas seleccionadas de la sección transversal de la corriente de gases de escape.
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el agente reductor es empleado en forma de una solución acuosa, en particular es aplicado como agente reductor amoníaco y/o urea, en particular en forma de sus soluciones acuosas, y/o por que el agente reductor es introducido en la corriente de gases de escape con una distribución fina, en particular es pulverizado o inyectado.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el agente reductor es introducido en la corriente de gases de escape por medio de dispositivos de inyección, en particular lanzas de inyección, en particular en el que los dispositivos de inyección para introducir el agente reductor en la corriente de gases de escape son controlados individualmente y/o por grupos, preferiblemente de forma individual.
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que son utilizados diferentes dispositivos de inyección para el refrigerante y para los agentes reductores, en particular en diferentes planos de inyección.
- 50 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape es controlada mediante una evaluación de la señal de carga y/o mediante la determinación de la temperatura del gas de escape y/o mediante una comparación entre un valor medido para un contenido de óxido de nitrógeno residual del gas puro resultante después del tratamiento, por un lado, y un valor teórico predeterminado, por otro lado.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que

es establecido al menos un perfil de temperatura de los gases de escape en forma de uno o varios planos, en particular mediante medición acústica y/u óptica de temperatura, preferiblemente medición acústica de la temperatura, y/o

5 por que basándose en los valores de temperatura de los gases de escape determinados y/o el perfil de temperatura de los gases de escape determinado, la corriente de gases de escape es subdividida en secciones, siendo asignadas a las secciones dispositivos de inyección individuales definidos para la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape y/o grupos definidos de dispositivos de inyección para la introducción del agente reductor en la corriente de gases de escape.

10 10. Dispositivo (1) para el tratamiento de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, tales como gases de combustión, con el fin de eliminar y/o separar los óxidos de nitrógeno y/o con el fin de reducir el contenido de óxido de nitrógeno mediante la reducción química de los óxidos de nitrógeno, en particular dispositivo (instalación) (1) para la desnitrificación de gases de escape de instalaciones industriales, para la realización de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (1) comprende:

15 (a) un reactor (2) para poner en contacto al menos un refrigerante y para poner en contacto y/o hacer reaccionar al menos un agente reductor con los gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, en el que el reactor (2) presenta una pluralidad de dispositivos de inyección (3A, 3B) para introducir al menos un refrigerante (4), así como una pluralidad de dispositivos de inyección (5) para introducir al menos un agente reductor (6, 7) que contiene nitrógeno, en el que los dispositivos de inyección (3A, 3B, 5) pueden ser regulados individualmente y/o por grupos, preferiblemente de forma individual,

20 (b) al menos un dispositivo de almacenamiento (8) conectado a los dispositivos de inyección (3A, 3B) a través de al menos un conducto de alimentación (8A) para almacenar y/o dispensar al menos un refrigerante (4),

(c) al menos un dispositivo de almacenamiento (9, 10) conectado a los dispositivos de inyección (5) a través de al menos un conducto de alimentación (9A, 10A) para almacenar y/o dispensar al menos un agente reductor (6, 7),

(d) un dispositivo de medición (16) para establecer un perfil de temperatura de los gases de escape y

25 (e) medios para el control de la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape, de modo que en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado, la corriente de gases de escape es subdividida en secciones, siendo asignados a las secciones dispositivos de inyección (3A, 3B) individuales definidos para la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape y/o grupos definidos de dispositivos de inyección (3A, 3B) para la introducción del refrigerante en la corriente de gases de escape (4),

30 caracterizado por que los medios para el control están preparados para controlar los dispositivos de inyección (3A, 3B) para la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape, individualmente o por grupos, en función del perfil de temperatura de los gases de escape determinado y eventualmente de una señal de carga, de tal modo que por la introducción del refrigerante (4) en la corriente de gases de escape se establece un perfil de temperatura deseado, de modo que la corriente de gases de escape por la introducción del refrigerante (4) es ajustada al menos por sectores a temperaturas en el intervalo de 750 a 1200°C.

35 11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que

la introducción del refrigerante (4) y la introducción del agente reductor (6, 7) en la corriente de gases de escape pueden ser coordinadas entre sí y/o

40 por que el dispositivo (1), en particular dispuesto aguas arriba de los dispositivos de inyección (3) para la introducción del refrigerante, presenta un dispositivo de medición (16) para la determinación de la temperatura del gas de escape y/o para establecer un perfil de temperatura del gas de escape mediante medición acústica u óptica de la temperatura, preferiblemente mediante medición acústica de la temperatura.

45 12. Uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores para la eliminación y/o separación de óxidos de nitrógeno de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno de procesos técnicos, en particular gases de combustión.

13. Uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores para el enfriamiento selectivo de gases de escape de procesos técnicos, en particular gases de combustión.

