



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.2021 Patentblatt 2021/05

(51) Int Cl.:
F25B 9/04 (2006.01) **F17C 7/00 (2006.01)**
F17D 1/02 (2006.01) **F28F 27/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20020320.6**

(22) Anmeldetag: **10.07.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Päßler, Steffen**
14542 Werder (DE)
• **Skorzus, Karsten**
08280 Aue (DE)

(74) Vertreter: **Castell, Klaus**
Patentanwaltskanzlei
Liermann-Castell
Am Rurufer 2
52349 Düren (DE)

(30) Priorität: **29.07.2019 DE 102019120358**

(71) Anmelder: **Ontras Gastransport GmbH**
04129 Leipzig (DE)

(54) **GASENTSPANNUNGSANLAGE MIT MINDESTENS EINEM WIRBELROHR**

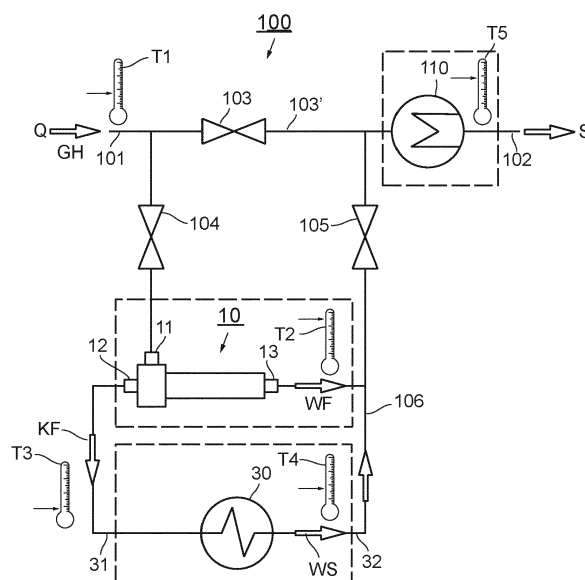
(57) Die Erfindung betrifft eine Gasentspannungsanlage (100, 200, 300) zur Entspannung und Mengensteuerung von Gas zum Einsatz zwischen einer ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q), wie ein Gastank, ein Gasmitteldrucknetz oder Gashochdrucknetz oder ein Kavernenspeicher und einer zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke (S), wie ein Verbraucher, ein Gasniederdrucknetz oder eine Gasversorgungsleitung, aufweisend mindestens ein Wirbelrohr (10, 10', 10", 20), das in Strömungsverbindung mit der ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q) steht, wobei das Gas aus der Gasquelle (Q) in das Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) in einen tangentialen Einlass (11, 11', 11", 21) einströmt, und aus zwei Auslässen in Form eines ersten Auslasses (12, 12', 12", 22) für eine erste Kaltfraktion des Gases und in Form eines zweiten Auslasses (13, 13', 13", 23) für eine zweite Warmfraktion (WF, WF', WF") des Gases ausströmt, und mindestens einen Wärmetauscher (30, 30'), wobei die aus dem ersten Auslass (12, 12', 12", 22) des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) strömende Kaltfraktion (KF) des Gases in Strömungsverbindung mit dem mindestens einen Wärmetauscher (30, 30') steht und in den Wärmetauscher (30, 30') als Kaltstrom in einen Wärmetauschereingang (31, 31') einströmt und ein dazu korrespondierendes Verfahren.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die aus dem zweiten Auslass (12, 22) des Wirbelrohres (10, 20) strömende Warmfraktion über eine Rohrleitungsverbindung (13) mit einem aus einem Wärmetauscherausgang (33) des Wärmetauschers (30) ausströmenden Warmstrom in Strömungsverbindung steht und die vereinten Warm-

fraktionen aus Warmfraktion und Warmstrom in Strömungsverbindung mit der zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke (S) stehen.

Dadurch kann die unerwünschte Abkühlung durch den Joule-Thomson-Effekt größtenteils kompensiert werden.

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Gasentspannungsanlage zur Entspannung und Mengensteuerung von Gas zum Einsatz zwischen einer ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle, wie ein Gastank, ein Gasmitteldrucknetz oder Gashochdrucknetz oder ein Kavernenspeicher und einer zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke, wie ein Verbraucher, ein Gasniederdrucknetz oder eine Gasversorgungsleitung, aufweisend mindestens ein Wirbelrohr, das in Strömungsverbindung mit der ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle steht, wobei das Gas aus der Gasquelle in das Wirbelrohr in einen tangentialen Einlass einströmt, und aus zwei Auslässen in Form eines ersten Auslasses für eine erste Kaltfraktion des Gases und in Form eines zweiten Auslasses für eine zweite Warmfraktion des Gases auströmt, und mindestens einen Wärmetauscher, wobei die aus dem ersten Auslass des mindestens einen Wirbelrohres strömende Kaltfraktion des Gases in Strömungsverbindung mit dem mindestens einen Wärmetauscher steht und in den Wärmetauscher als Kaltstrom in einen Wärmetauschereingang einströmt, und ein dazu korrespondierendes Verfahren.

[0002] Bei der Verteilung von Gasen, beispielsweise aus einem Gasmittel- oder Gashochdrucknetz in ein Verteilungsnetz mit geringerem Druck, oder bei der Abnahme von Gasen aus einem Druckspeicher, wie ein Aquiferspeicher, einem Kavernenspeicher oder einem Gastank in ein Leitungsnetz, ist es notwendig, das unter Druck stehende Gas zu entspannen, um den Druck für den Leitungstransport anzupassen. Im Unterschied zu idealen Gasen zeigen reale Gase beim Übergang über eine Drossel den bekannten Joule-Thomson-Effekt. Der Joule-Thomson-Effekt zeichnet sich durch eine beobachtbare Temperaturänderung eines Gases bei einer isenthalpen Druckminderung aus, dabei wird die Richtung (Abkühlung oder gar Erwärmung) und Stärke des Effekts durch die Stärke der anziehenden und abstoßenden Kräfte zwischen den Gasmolekülen bestimmt. Unter Normalbedingungen zeigen die meisten geläufigen Gase und Gasgemische, z. B. auch Luft, eine Temperaturverringerng bei der Entspannung, also bei einer Druckminderung beim Fluss durch eine Drossel. In Leitungsnetzen, die hohe Volumenströme leiten, wie zum Beispiel kommunale Gasversorgungsleitungen, regionale Gasversorgungsleitungen oder längere Gaspipelines ist es notwendig, dass sowohl der Druck in der Versorgungsleitung als auch die Temperatur des strömenden Gases in bestimmten Grenzen liegt. Die in den Versorgungsleitungen vorhandenen Aggregate, wie Druckregler, Ventile, Wärmetauscher und Verdichter haben häufig schmale Intervalle, in denen die Zustandsgrößen des transportierten Gases vorliegen können, um sicher und in vorbestimmter Weise zu funktionieren.

[0003] Nasses Erdgas, also Methan (CH_4) mit Beimengungen von Stickstoff (N_2), ggf. sauren Gasen wie Schwefelwasserstoff (H_2S) und Kohlendioxid (CO_2) sowie Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf (H_2O) und geringe Mengen Ethan (C_2H_6 , 1% bis 15%), Propan (C_3H_8 , 1% bis 10%), Butan (C_4H_{10}), Ethen (C_2H_4) und Pentanen (C_5H_{12}), neigt bei einer starken Abkühlung durch den Joule-Thomson-Effekt zum Vereisen. Beim Vereisen fällt aus nassem Erdgas insbesondere Methanhydrat ($\text{CH}_4 \cdot 5,75 \text{H}_2\text{O}$) aus. Methanhydrat ist eine Klathratverbindung, in dem Wasser und Methan eine Käfigverbindung bilden. Methanhydrat hat äußerlich die Erscheinung wie Schnee oder Raureif und kann, wenn es einmal in der Kälte entstanden ist, bis zu Temperaturen von 20°C vorliegen. Bei Raumtemperatur, also etwa bei 20°C , ist Methanhydrat zwar thermodynamisch instabil; die Klathratverbindung aber neigt, im überhitzten Zustand zu verweilen, bevor sie wieder in die Gasbestandteile zerfällt. Bildet sich Methanhydrat, Eis oder ein anderes Gashydrat, so kann das Hydrat die Gasleitung verstopfen, den Gasleitungsquerschnitt verengen, Ventile oder Druckregelventile verstopfen oder unbeweglich machen, den mechanischen Regelweg von Membranen von Druckreglern versperren und Durchflussmessern den Zugang zum Gasstrom versperren. Die Bildung von Eis, Methanhydrat oder anderen Gashydraten in einer Gasversorgungsleitung kann damit schnell zu einer gefährlichen Havarie der Leitung führen, die gefährlich ist für Leib und Leben.

[0004] Um die Vereisung von Gasen bei der Entspannung zu verhindern, ist es bekannt, das Gas vor der Drossel stark zu erwärmen, wobei das Gas bei der Passage der Drossel wieder abkühlt. Auch ist es bekannt, das zu drosselnde Gas durch eisfreie Drosseln zu leiten und das erkaltete Gas wieder zu erwärmen. Die Erwärmung findet statt durch elektrische Heizungen oder durch Gasheizung, denn Gas als Heizgas ist in der Umgebung einer Gasversorgungsleitung zu genüge vorhanden.

[0005] Mit zunehmendem Bewusstsein der möglichen Energieeinsparung, aber auch mit zunehmendem Bewusstsein der Schädlichkeit von größeren Mengen Kohlendioxid in der freien Atmosphäre für das Weltklima, das beim Verbrennen von Heizgas entsteht, besteht das Bedürfnis, die Entspannung von Gasen, insbesondere in kommunalen oder regionalen Versorgungsleitungen aber auch in Pipelines klimaneutral durchzuführen. Ein weiteres Bedürfnis ist es, die Entspannung von Gas in Abwesenheit von Zündquellen, wie elektrische Heizungen oder Gasheizungen durchzuführen, um die kommunalen oder regionalen Versorgungsleitungen vor einer Havarie zu sichern.

[0006] In der internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 werden Verfahren und Systeme zur Entspannung von Erdgas offenbart. Als zentrale Drossel wird ein Wirbel-Rohr verwendet, auch Ranque-Hielsch-Rohr nach deren Entdecker genannt, in welchem sich das entspannende Gas stark abkühlt und in welchem das stark abgekühlte Gas durch einen Wärmetauscher, der Wärme aus der Atmosphäre in das abgekühlte Gas leitet, wieder aufwärmt. Die Erwärmung des stark abgekühlten Gases durch atmosphärische Luft gemäß der internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 erfolgt klimaneutral und frei von Zündquellen. In praktischen Versuchen hat sich jedoch herausgestellt,

dass die darin vorgestellte Anordnung nur für kurzzeitige Einsätze geeignet ist, wie in Versorgungsfahrzeugen, die komprimiertes Erdgas (CNG, Compressed Natural Gas) ausliefern. Bei Einsätzen in kommunalen oder regionalen Versorgungsleitungen oder bei Pipeline-Übergängen zeigt sich das dort vorgestellte Gasentspannungssystem als nicht leistungsfähig genug. Der eingesetzte Wärmetauscher neigt zur Vereisung und liefert nur bei mitteleuropäischen, sommerlichen bis herbstlichen Außentemperaturen genügend Wärme, um die unerwünschte Abkühlung bei der Gasentspannung zu kompensieren. Schon bei mildwinterlichen Temperaturen reicht die Temperaturkompensation nicht mehr aus

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Gasentspannungsanlage zur Verfügung zu stellen, welche eine Temperaturkompensation zur Verfügung stellt, die klimaneutral und in Abwesenheit von potentiellen Zündquellen arbeitet und dabei leistungsfähiger ist, als es im Stand der Technik gelehrt wird.

[0008] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird gelöst durch eine Gasentspannungsanlage nach Anspruch 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen zu Anspruch 1 angegeben. Ein zur beanspruchten Gasentspannungsanlage korrespondierendes Verfahren zur Gasentspannung wird in Anspruch 8 angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens in den Unteransprüchen zu Anspruch 8 angegeben sind.

[0009] Die Funktion der beanspruchten Gasentspannungsanlage basiert auf einem Wirbelrohr, auch Ranque-Hielsch-Rohr nach seinen Entdeckern genannt, welche als Drossel arbeitet. Ein Ranque-Hielsch Rohr zeichnet sich aus durch einen tangentialen Einlass von Gas mit höherem Druck in ein Rohr, wobei der tangentiale Einlass an einem ersten Rohrende vorliegt. Durch die tangentiale Einströmung bildet das einströmende Gas in dem Rohr einen Wirbel mit hoher Winkelgeschwindigkeit, wobei sich der Wirbel ähnlich wie eine stehende Welle in dem Rohr bis zum anderen, zweiten Rohrende ausbreitet. An diesem, dem ersten Rohrende mit dem tangentialen Eintritt gegenüberliegenden zweiten Rohrende befindet sich ein Drosselventil in Form einer Lochblende, einer Stahlfritte oder in Form eine Nadelventils. Das dort aus zweiten Rohrende entweichende Gas zeigt in reproduzierbarer Weise eine gegenüber der Eintrittstemperatur deutlich erhöhte Temperatur. Dieses Gas bildet die Warmfraktion des aus dem Wirbelrohr entweichenden Gases. Nicht dort entweichendes Gas strömt durch einen zentralen Wirbel innerhalb des Wirbelrohres und entweicht durch ein Drosselventil in Form einer Lochblende, einer Stahlfritte oder in Form eine Nadelventils, das an dem ersten Rohrende vorliegt, wo der tangentiale Gaseintritt angeordnet ist. Dieses Gas weist hingegen eine sehr deutlich verringerte Temperatur gegenüber der Gaseintrittstemperatur auf. Dieses Gas bildet die Kaltfraktion des aus dem Wirbelrohr entweichenden Gases. Es ist zu beobachten, dass die Kaltfraktion eine Temperatur aufweist, die sogar unterhalb der Temperatur liegt, die nach dem Joule-Thomson-Effekt zu erwarten wäre, fasste man das Wirbelrohr als Drossel mit Joule-Thomson-Effekt auf. Diese Beobachtung steht im Einklang mit dem Energieerhaltungssatz. Vereinte man die Warmfraktion und die Kaltfraktion so würde der vereinte Gasstrom etwa die Temperatur aufweisen, die sich hinter einer einfachen Drossel durch den Joule-Thomson-Effekt einstellen würde, vermindert um die Energie, die durch Reibung im Wirbel dissipiert ist und als Wärme durch die Wände des Wirbelrohres an die Außenluft abgegeben worden ist. Die exakte Funktion des Wirbelrohres ist trotz des seit über 90 Jahren bekannten Effektes immer noch nicht wissenschaftlich exakt geklärt. Gesichert scheint, dass die Wirbel innerhalb des Wirbelrohres zu einer Trennung von thermisch energetischeren Gaseteilchen und thermisch weniger energetischen Teilchen führt, was zunächst nichts anderes scheint als eine Wärmepumpe. Die Funktion der Wirbel und die einer Wärmepumpe sind jedoch nicht miteinander vergleichbar.

[0010] Das einströmende Gas in der beanspruchten Gasentspannungsanlage durchströmt also das Wirbelrohr. Dabei wird die aus dem Wirbelrohr austretende Kaltfraktion durch einen Wärmetauscher geleitet, welcher der Kaltfraktion atmosphärische Wärme zuführt. Dieser nach dem Wärmetauscher wieder erwärmte Gasstrom wird sodann mit der Warmfraktion des Wirbelrohres wieder vereint. Dieser nun vereinte Gasstrom ist deutlich wärmer als der aus der Gasentspannungsanlage austretende Gasstrom, der aus einer Anlage nach der eingangs erwähnten internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 austritt.

[0011] Nach dem Gedanken der Erfindung ist hier vorgesehen, dass die aus dem zweiten Auslass des mindestens einen Wirbelrohres strömende Warmfraktion über eine Rohrleitungsverbindung mit einem aus einem Wärmetauscher ausgang des Wärmetauschers ausströmenden Warmstrom in Strömungsverbindung steht und die vereinten Warmfraktionen aus Warmfraktion und Warmstrom in Strömungsverbindung mit der zweiten, gastromabwärts gelegenen Gasenke stehen. Es ist damit vorgesehen, eine Kaltfraktion von Gas zu erzeugen, die deutlich kälter ist als durch den Joule-Thomson-Effekt abgekühltes Gas. Durch die geringere Temperatur wird ein größeres Temperaturgefälle zur atmosphärischen Luft hergestellt, was sich in dem Wärmetauscher durch einen größeren Wärmestrom bemerkbar macht, der bekanntermaßen nach den Gesetzen der Thermodynamik abhängt vom Temperaturunterschied bei einem spontanen Wärmeübergang von einem ersten Wärmereservoir auf ein zweites Wärmereservoir. Dieses erwärmte Gas der Kaltfraktion wird sodann mit dem Gas der Warmfraktion des Ranque-Hielsch-Rohres vereint.

[0012] Zur Verdeutlichung des Unterschieds der hier vorgestellten Gasentspannungsanlage und der Gasentspannungsanlage nach der internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 ist es notwendig, die eingesetzten Wirbelrohre miteinander zu vergleichen.

[0013] Die Funktion eines Wirbelrohres ist stark abhängig vom Volumenstrom und vom mittleren Druck, in dem das Gas innerhalb des Wirbelrohres vorliegt. Das Wirbelrohr weist eine frappierende Ähnlichkeit mit einer Querflöte auf,

dabei ist die Länge des Wirbelrohres und der Durchmesser des Wirbelrohres entscheidend, bei welchem Volumenstrom und bei welchem mittleren Druck sich der erwünschte Effekt der Auftrennung des Gases in eine Kaltfraktion und in eine Warmfraktion einstellt. Die vorgegebene Länge und der vorgegebene Durchmesser entsprechen der Stimmung der Querflöte. Das Stimmen des Querflöte entspricht der Auslegung des Wirbelrohres, so dass man die Auslegung des Wirbelrohres auch mit "Stimmung" bezeichnet. Noch ein weiterer Parameter, der die Funktion des Wirbelrohres beeinflusst, ist die Menge des entnommenen Gases am Auslass für die Warmfraktion. Der Auslass für die Warmfraktion entspricht somit einer Flötenklappe. Wird der Auslass für die Warmfraktion eines Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch komplett geschlossen, bricht der Ranque-Hielsch-Effekt nicht zusammen, sondern die Außenwand des Ranque-Hielsch-Rohres heizt sich auf. Die Wärmeenergie aus dem Gas entweicht also durch Wärmeleitung. Als Variante des Ranque-Hielsch-Rohres wird in dem US-Patent US 5,911,740 vorgeschlagen, den Auslass für die Warmfraktion komplett zu schließen. Zusätzlich wird das dort vorgestellte Ranque-Hielsch-Rohr mit Kühlrippen versehen und durch ein Gehäuse eingehaust. Durch das Gehäuse fließt ein Teilstrom des zu entspannenden Gases und heizt sich an der Außenwand des Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch auf. Es ist nun möglich das aufgeheizte Gas mit der Kaltfraktion zu vereinen. Im Ergebnis erhält man ein Ranque-Hielsch-Rohr, das wie eine Drossel arbeitet, die nicht empfindlich ist gegenüber Vereisung, Es wäre aber auch möglich, die Wärme einfach über die Kühlrippen an die Umgebung abzugeben. Ein solches Wirbelrohr mit nur einem Einlass und einem Auslass für die Kaltfraktion und ohne Auslass für die Warmfraktion wird in der der Gasentspannungsanlage nach der internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 eingesetzt.

[0014] Nach dem Gedanken der vorliegenden Erfindung ist es jedoch vorgesehen, dass die Warmfraktion aus dem Ranque-Hielsch-Rohr abgeführt wird und mit der durch einen Wärmetauscher erwärmten Kaltfraktion vereint wird. Im Ergebnis erhält man ein deutlich wärmeres Gas, das die Gasentspannungsanlage verlässt, als es in der Gasentspannungsanlage nach der internationalen Patentanmeldung WO 2011/031576 A1 der Fall ist.

[0015] Gasversorgungsleitungen mit Kapazitäten, die für die kommunale oder regionale Gasversorgung vorgesehen sind, weisen sehr starke saisonale Schwankungen im Gasdurchsatz auf. Im Sommer, wenn die mitteleuropäische atmosphärische Lufttemperatur, je nach Region zwischen 15°C und 22°C liegt, wobei starke Abweichungen zu kälteren und wärmeren Temperaturen beobachtbar sind, wird sehr wenig Gas durch die kommunalen oder regionalen Gasversorgungsleitungen geschickt. Im Winter, wenn die mitteleuropäische atmosphärische Lufttemperatur, je nach Region zwischen -2°C und 10°C liegt, wobei starke Abweichungen zu kälteren und wärmeren Temperaturen beobachtbar sind, wird sehr viel Gas durch die kommunalen oder regionalen Gasversorgungsleitungen geschickt. Da die Funktion eines Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch unter anderem auch stark vom Volumenstrom abhängt, ist es in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, wobei die verschiedenen Wirbelrohre für verschiedene Gasmengenströme ausgelegt sind, und durch Sperr- und/oder Regelventile an den Einlässen und durch Absperrventile an den zwei Auslässen einzeln zu- oder abschaltbar sind. Auf diese Weise können Batterien von Wirbelrohren parallel zueinander verschaltet sein. Sofern die Wirbelrohre einer Wirbelrohr-Batterie gleich gestimmt sind, können die Wirbelrohr-Batterien den durch die Gasentspannungsanlage möglichen Volumenstrom erhöhen. Sofern die Wirbelrohre einer Wirbelrohr-Batterie oder zwischen verschiedenen Wirbelrohr-Batterien unterschiedlich gestimmt sind, können je nach saisonal erwünschtem Volumenstrom verschiedene Wirbelrohre zu- oder abgeschaltet werden, so dass nur solche Wirbelrohre aktiv sind, die bei einem vorbestimmten Volumenstrom den größtmöglichen Wärmetrennungseffekt zeigen. Schließlich ist es möglich, durch eine Steuerungsvorrichtung und durch Regelventile verschieden gestimmte Wirbelrohre parallel zu verschalten, um den saisonal erwünschtem Volumenstrom mit größtmöglichem Wärmetrennungseffekt anzupassen.

[0016] An regennassen Tagen, bei herbstlichen Temperaturen oder an sehr luftfeuchten ("schwülen") Sommertagen kann es passieren, dass ein Wärmetauscher auf der atmosphärischen Seite vereist. Ein solcher vereister Wärmetauscher verliert seine Wirkung, da durch die Lamellen auf der atmosphärischen Seite keine atmosphärische Luft mehr strömen kann. Um eine Vereisung zu vermeiden, ist es in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, mehr als ein Wärmetauscher nebeneinander vorliegen sind, wobei die verschiedenen Wärmetauscher durch Absperrventile an dem jeweiligen Wärmetauschereingang und an dem jeweiligen Wärmetauscherausgang einzeln zu- oder abschaltbar sind.

[0017] Durch den Wechselbetrieb kann vermieden werden, dass sich der jeweilige Wärmetauscher auf der atmosphärischen Seite durch Wassereis zusetzt und seine Funktion verliert, indem der betreffende Wärmetauscher in den deaktivierten Zeiträumen in der atmosphärischen Luft abtauen kann. So wechseln sich zwei oder mehr parallel geschaltete, aber zu unterschiedlichen Zeiten aktivierte Wärmetauscher gegenseitig ab.

[0018] Um stark vereiste Wärmetauscher schnell zu enteisen, kann in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass mindestens ein Wärmetauschereingang eines Wärmetauschers der verschiedenen Wärmetauscher durch eine Gasverteileranordnung mit dem zweiten Auslass mindestens eines Wirbelrohres für eine zweite Warmfraktion des Gases verbindbar ist, so dass die Warmfraktion des Gases aus dem mindestens einen Wirbelrohr in den betreffenden Wärmetauscher einströmt. Unter "Gasverteileranordnung" wird eine Gasverteilstation mit verschiedenen Ventilen verstanden, die ihrerseits mit verschiedenen weiteren Aggregaten verbunden sind, die je nach Öffnung oder Schließung von verschiedenen Ventilen mit dem zentralen Gasstrom verbunden werden können. Durch diese Verschaltung kann es im Extremfall vorgesehen sein, den Auslass für die Warmfraktion eines oder die Auslässe von mehr als einem Wirbelrohr mit dem Wärmetauschereingang zu verbinden, so dass der Wärmetauscher warmes Gas erhält,

das durch den Wärmetauscher strömt, welches das Eis auf der atmosphärischen Seite abtaut und dann in die Rohrleitung fließt, die zur Gassenke, also dem ableitenden Gasnetz oder zum Verbraucher, führt.

[0019] Das in der Gasentspannungsanlage eingesetzte Wirbelrohr kann unterschiedlich aufgebaut sein. Es kann vorgesehen sein, dass der Auslass für die Warmfraktion am zweiten Ende des Wirbelrohres angeordnet ist, das dem Ende des Wirbelrohres gegenüberliegt, wo der tangentielle Gaseinlass angeordnet ist. Die Warmfraktion stammt in diesem Fall aus dem Wirbel in dem Wirbelrohr.

[0020] Es kann aber auch vorgesehen sein, dass das mindestens eine Wirbelrohr Kühlrippenaufweist und in einem Gehäuse mit einem Strömungseingang und einem Strömungsausgang eingehaust ist, wobei ein Teil des in das Wirbelrohr einströmenden Gases über eine Abzweigung, die mit dem Strömungseingang des Gehäuses verbunden ist, durch das Gehäuse strömt, und als Warmfraktion des Wirbelrohres das Gehäuse verlässt. Dabei weist das Wirbelrohr selbst nur einen Auslass für eine Kaltfraktion auf. Letztendlich kann der Weg der Warmfraktion also durch das Wirbelrohr selbst führen oder aber an Kühlrippen des Wirbelrohres vorbeiführen. Nach außen ist der Weg der Warmfraktion eines verbauten Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch nicht exakt ableitbar.

[0021] Erste Erfahrungen mit der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage zeigen, dass die Gasentspannungsanlage geeignet ist, in einer mitteleuropäisch geprägten Klimazone zu arbeiten, die Winters nicht unter -5°C durchschnittliche Außentemperatur fällt. Um aber in sehr strengen Wintern die Gastemperatur in der Gasentspannungsanlage nicht zu stark fallen zu lassen, so dass schon in der Gasentspannungsanlage selbst Methanhydrat ausfällt oder aber eine sicherheitsrelevante Gastemperatur unterschritten wird, kann vorgehen sein, dass eine elektrisch betriebene Heizungsanordnung gastromaufwärts des mindestens einen Wirbelrohres und/oder gastromabwärts des mindestens einen Wärmetauschers angeordnet ist. An welcher Stelle Wärme in den Gasstrom eingekoppelt wird, ist für das nachgeschaltete Gasnetz oder den nachgeschalteten Verbraucher nahezu gleich. Wird das zu entspannende Gas auf der zur Gasquelle weisenden Seite stromaufwärts erwärmt, so wird der Temperaturabfall in dem Wirbelrohr beeinflusst und die Temperatur im Wärmetauscher. Wird hingegen das entspannte Gas auf der der Gassenke zugewiesenen Seite, also zum Beispiel zum Gasableitungsnetz zugewiesenen Seite erwärmt, so wird nur die Temperatur im Gasableitungsnetz beeinflusst. je nach Außentemperatur und Arbeitspunkt des Wirbelrohres kann es von Vorteil sein, auf der Eingangsseite der Gasentspannungsanlage das einströmende, noch nicht entspannte Gas zusätzlich zu erwärmen oder aber auf der Ausgangsseite der Gasentspannungsanlage das ausströmende, bereits entspannte Gas zusätzlich zu erwärmen.

[0022] Um zu vermeiden, dass während des Betriebes der Gasentspannungsanlage die Wärmetauscher vereisen, kann vorgesehen sein, dass eine Steuerungsanordnung die Beaufschlagung verschiedener Wärmetauscher mit der Kaltfraktion oder der Warmfraktion aus dem mindestens einen Wärmetauscher so steuert, dass die verschiedenen Wärmetauscher wechselweise mit der Kaltfraktion oder Warmfraktion durchströmt werden.

[0023] Für eine besonders starke Wärmeentwicklung in der Warmfraktion des mindestens einen Wirbelrohres kann es vorgesehen sein, dass das mindestens eine Wirbelrohr Kühlrippen aufweist und in einem Gehäuse mit einem Strömungseingang und einem Strömungsausgang eingehaust ist, wobei der Strömungseingang des Gehäuses mit dem Einlass des mindestens einen verbunden ist, so dass ein Teilstrom des in das mindestens eine Wirbelrohr einströmenden Gases in den Strömungseingang des Gehäuses strömt, der Teilstrom durch das Gehäuse strömt, und als Warmfraktion des mindestens einen Wirbelrohres über einen Strömungsausgang des Gehäuses das Gehäuse verlässt.

[0024] Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines eingesetzten Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch,

Fig. 2 eine Variante eines eingesetzten Wirbelrohres,

Fig. 3 eine erste und einfache Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage,

Fig. 4 eine zweite Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage mit parallel geschalteten Wirbelrohren, die verschieden gestimmt sind,

Fig. 5 sechs verschiedene Arbeits- und Schaltzustände der zweiten Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage nach Figur 4,

Fig. 6 eine dritte Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage mit parallel geschalteten Wirbelrohren, die verschieden gestimmt sind, und zwei Wärmetauschern,

Fig. 7 drei verschiedene Arbeits- und Schaltzustände der dritten Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage nach Figur 6.

[0025] In **Figur 1** ist eine Schnittzeichnung durch Wirbelrohr 10 nach Ranque-Hielsch mit eingezeichneten Wirbeln

W1 und W2 dargestellt, wobei der äußere Wirbel W1 die Warmfraktion führt und der innere Wirbel W2 die Kaltfraktion führt. Die exakte Funktionsweise eines Wirbelrohres nach Ranque-Hielsch ist trotz der Entdeckung dieses Effektes vor etwa 90 Jahren heute noch nicht exakt wissenschaftlich geklärt. Der Effekt nach Ranque-Hielsch ist aber wohl reproduzierbar und lässt sich auch empirisch für verschiedene Volumenströme und mittlere Betriebsdrücke optimieren. Soweit die Funktion des Wirbelrohres 10 objektiv verstanden ist, strömt unter Druck stehendes Gas GH in einen tangentialen Einlass 11 in das Wirbelrohr 10 ein. Dort bildet das einströmende Gas GH in dem Wirbelrohr verschiedene Wirbel W1 und W2, wobei Gas, das wärmer ist als das in Einlass 11 einströmende Gas, als Warmfraktion WF aus dem Rohrende bei Auslass 13 austritt. Auslass 13 ist an dem Rohrende angeordnet, das dem Rohrende gegenüberliegt, an dem der tangentiale Einlass 11 angeordnet ist. Gas, das deutlich kälter ist, als das in Einlass 11 einströmende Gas, tritt als Kaltfraktion KF bei Auslass 12 aus, der an dem Rohrende angeordnet ist, an dem auch der tangentiale Einlass 11 angeordnet ist. Die Wärmemenge der vereinten Warmfraktion WF und Kaltfraktion KF entspricht etwa der Wärmemenge des eintretenden Gases GH abzüglich der Volumenarbeit $V \cdot \Delta P$ als Wärmeäquivalent, die das eintretende unter Druck stehende Gas GH bei Passage des Wirbelrohres 10 leistet hat.

[0026] Im Gegensatz zu einer einfachen Drossel in Form einer Lochblende oder einer Stahlfritte in einem Rohr, bei dem eine Temperaturabsenkung durch den beobachtbaren Joule-Thomson-Effekt messbar ist, bildet sich in einem Ranque-Hielsch-Rohr eine Kaltfraktion KF mit einer Temperatur unterhalb der Temperatur, die durch den Joule-Thomson-Effekt beobachtbar wäre und eine Warmfraktion WF mit einer Temperatur, die höher ist, als die Temperatur des einströmenden Gases GH. Die vorliegende Erfindung macht sich zu Nutze, dass mit dem Wirbelrohr 10 nach Ranque-Hielsch eine Kaltfraktion KF erhalten wird, die eine Temperatur unterhalb der Temperatur aufweist, die nach Joule-Thomson erreichbar wäre. Durch die niedrigere Temperatur als nach Joule-Thomson ist der Wärmegradient zwischen der Kaltfraktion KF und der atmosphärischen Luft in einem dem Wirbelrohr im Weg der Kaltfraktion folgenden Wärmetauscher 30 größer als es bei Einsatz einer Drossel nach Joule-Thomson wäre. Der größere Wärmegradient führt zu einer größeren Wärmemenge, die im Wärmetauscher 30 spontan, also von selbst auf die Kaltfraktion KF übergeht. Erst die durch den Wärmetauscher 30 aufgewärmte Kaltfraktion KF wird mit der Warmfraktion WF des Wirbelrohres 10 vereint. Die vereinten Fraktionen, Warmfraktion WF und erwärmte Kaltfraktion KF weisen so eine größere Wärmemenge auf, was zwangsläufig zu einer höheren Temperatur der vereinten Fraktionen, nämlich Warmfraktion WF und erwärmte Kaltfraktion KF, führt als wäre das gesamte entspannte Gas mit der zu erwartenden Joule-Thomson-Temperatur in einem Wärmetauscher 30 mit atmosphärischer Luft erwärmt worden.

[0027] In der Legende zu Figur 1 sind drei verschiedene Thermometer unter je einem schattierten Quadrat dargestellt, die die je einer Schattierung der Wirbel W1 und W2 zugeordnet werden können. Schwarz (links) bedeutet kalt und entspricht der Temperatur der austretenden Kaltfraktion KF. Eine mitteldunkle Schattierung (Mitte) entspricht etwa der Temperatur des unter Druck stehenden, eintretenden Gases GH und eine hellere Schattierung (rechts) entspricht etwa der Temperatur der austretenden Warmfraktion WF.

[0028] In **Figur 2** ist eine Schnittzeichnung durch eine Variante des Ranque-Hielsch-Rohres als Wirbelrohr 20 dargestellt. Anders als bei dem zuvor beschriebenen Wirbelrohr 10 nach Ranque-Hielsch in **Figur 1** ist der Auslass 23 für die Warmfraktion WF vollkommen verschlossen. Der Ranque-Hielsch-Effekt bricht dadurch nicht zusammen, sondern die Wärme der Warmfraktion WF wird über die Rohrwand RW auf die Kühlrippen 27 in ein Gehäuse 24 des Wirbelrohres 20 abgeleitet, wo ein Teilstrom TS des unter Druck stehenden Gases GH, der durch den Strömungseingang 25 in das Gehäuse 24 eingetreten ist, die Wärme aufnimmt und über den Strömungsausgang 26 das Gehäuse 24 verlässt. Von außen gesehen unterscheidet sich diese zweite Variante des Ranque-Hielsch-Rohres vom Ranque-Hielsch-Rohr nach **Figur 1** durch den Weg der Wärme. In dem zuvor beschriebenen Wirbelrohr 10 nach Ranque-Hielsch in **Figur 1** wird die Wärme mit der Warmfraktion WF im Wirbel W1 transportiert und mit der Warmfraktion WF aus dem Wirbelrohr 10 durch den Auslass 13 transportiert, hingegen wird die Wärme in der Variante des Ranque-Hielsch-Rohres in **Figur 2** durch die Rohrwand RW nach außen in das Gehäuse 24 transportiert und über einen Teilstrom TS des einströmenden Gases GH als Warmfraktion WF abtransportiert, welche durch Auslass 26 das Gehäuse 24 verlässt.

[0029] In der Legende zu **Figur 2** sind drei verschiedene Thermometer unter je einem schattierten Quadrat dargestellt, die die je einer Schattierung der Wirbel W1 und W2 zugeordnet werden können. Schwarz (links) bedeutet kalt und entspricht der Temperatur der austretenden Kaltfraktion KF. Eine mitteldunkle Schattierung (Mitte) entspricht etwa der Temperatur des unter Druck stehenden, eintretenden Gases GH und eine hellere Schattierung (rechts) entspricht etwa der Temperatur der austretenden Warmfraktion WF.

[0030] Schließlich gibt es Varianten eines Wirbelrohres, die dem Wirbelrohr 10 in **Figur 10** ähneln, bei denen der Auslass 13 für die Warmfraktion WF verschlossen ist und die Wärme durch die Rohrwand RW in die atmosphärische Umgebung strömt. Solche Wirbelrohre arbeiten wie eine Drossel, die durch Wärmeabgabe eine zusätzliche Abkühlung des durch das Wirbelrohr strömenden Gases erzeugen. Gegenstand der Erfindung ist es, diese im Stand der Technik ungenutzte Wärme in den stromabwärts gerichteten Gasstrom zu leiten.

[0031] In **Figur 3** ist eine erste und einfache Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage 100 als vereinfachtes Schaltungsdiagramm dargestellt.

[0032] Gas GH aus einer Gasquelle Q, wie aus einer Kaverne, aus einem Gashochdrucknetz oder einem Gasmittel-

drucknetz, aus einer Pipeline oder aus einem Gastank wird am Eingang 101 in die Gasentspannungsanlage 100 eingeleitet, wobei es eine vorgegebene Temperatur hat, die symbolisch durch das dort dargestellte Thermometer T1 repräsentiert wird. Dabei kann der Gasdruck am Eingang 101 etwa 63 bar bei ca. 4°C bis 5°C betragen und einen Gasstrom von bis zu 50.000 Nm³/h aufweisen. Dieser Gasstrom an Eingang 101 soll durch die Gasentspannungsanlage 100 zum Ausgang 102 geleitet werden, wo der Gasdruck nur noch etwa 25 bar beträgt. Zur Kompensation des zu erwartenden Joule-Thomson-Effektes soll eine Wärmeleistung von etwa 300 kW bei einem Gasstrom von etwa 50.000 Nm³/h in das Gas bei der Entspannung eingeleitet werden.

[0033] Die Gasentspannungsanlage 100 weist ein Bypassventil 103 auf, das nur zur Stilllegung der Gasentspannungsanlage 100 geöffnet ist, um die Gasentspannungsanlage 100 beispielsweise für eine Wartung oder für eine Reparatur zugänglich zu machen. In diesem Fall sind die Absperrventile 104 und 105 geschlossen, so dass die einzelnen Aggregate der Gasentspannungsanlage 100 bis auf die Bypassleitung 103' druckfrei sind. Im Wartungs- oder Reparaturfall muss die Entspannung des Gases an einer stromabwärts gelegenen Stelle erfolgen.

[0034] Ist das Bypassventil 103 geschlossen und sind die Absperrventile 104 und 105 geöffnet, was dem Normalfall entspricht, strömt das unter Druck stehende Gas GH, das aus dem Eingang 101 in die Gasentspannungsanlage 100 strömt, in den Einlass 11 des Wirbelrohres 10. In dem Wirbelrohr 10 nach Ranque-Hielsch wird das unter Druckstehende Gas GH entspannt und teilt sich auf in eine Warmfraktion WF, die das Wirbelrohr 10 am Auslass 13 verlässt, und eine Kaltfraktion KF, die das Wirbelrohr 10 an Auslass 11 verlässt. Die Temperatur der Warmfraktion WF ist höher als die Temperatur des unter Druckstehenden Gases GH, was durch das Thermometer T2 angedeutet ist. Hingegen ist die Temperatur der Kaltfraktion KF deutlich geringer als die Temperatur des unter Druckstehenden Gases GH, was durch das Thermometer T3 angedeutet ist. Bei einer Eingangstemperatur des Gases GH von 4°C bis 5°C ist die Temperatur der Kaltfraktion KF im Idealfall etwa -10°C, um einen Abstand zum Taupunkt einzuhalten, der bei etwa -15°C liegt. Das aus Auslass 11 des Wirbelrohres 10 strömende Gas als Kaltfraktion KF strömt sodann in einen Wärmetauscher 30, der Wärme aus der atmosphärischen Luft in das Gas der Kaltfraktion KF einleitet. Solange die atmosphärische Luft wärmer ist als -10°C, was im mitteleuropäischen Klima in der Regel der Fall ist, geht die Wärme aus der atmosphärischen Luft spontan auf die Kaltfraktion KF über. Die erwärmte Kaltfraktion KF wird am Ausgang des Wärmetauschers 30 durch eine zusammenführende Rohrleitung 106 mit der Warmfraktion WF vereint und fließt über das Absperrventil 105 zum Ausgang 102. Am Ausgang 102 ist das entspannte Gas wärmer als am Eingang 101, was durch das Thermometer T5 dargestellt wird.

[0035] Zwischen dem Absperrventil 105 und dem Ausgang 102 befindet sich eine optionale elektrische Heizvorrichtung 110, die nur dann eingesetzt wird, wenn die Temperatur der atmosphärischen Luft nicht ausreicht, mit dem vorhandenen Wärmetauscher 30 eine notwendige Heizleistung von bis zu 300 kW bei einem Gasstrom von 50.000 Nm³/h oder entsprechend weniger Wärme pro Zeiteinheit bei einem geringeren Gasstrom in die Kaltfraktion KF einzuleiten. Es ist möglich, die Heizvorrichtung 110 auch am Eingang 101 zu platzieren. Schließlich ist es auch möglich, je eine elektrische Heizvorrichtung am Eingang 101 und am Ausgang 102 zu platzieren.

[0036] In **Figur 4** ist eine zweite Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage 200 mit beispielhaft drei parallel geschalteten Wirbelrohren 10, 10', 10", die verschieden gestimmt sind, als vereinfachtes Schaltungsdiagramm dargestellt. Diese hier beispielhaft dargestellte Gasentspannungsanlage 200 funktioniert wie die Gasentspannungsanlage 100 und unterscheidet sich von der Gasentspannungsanlage 100 in **Figur 1** durch die drei parallel geschalteten Wirbelrohre 10, 10' und 10", die durch eine Steuerungsanlage SV über Sperr-/Regelventil 204, Absperrventile 207 und 208 für Wirbelrohr 10, Sperr-/Regelventil 204', Absperrventile 207', und 208' für Wirbelrohr 10' und Sperr-/Regelventil 204", Absperrventile 207", und 208" für Wirbelrohr 10" einzeln zu oder abgeschaltet werden können. Hierzu steht die Steuerungsvorrichtung SV mit den 3 Sperr-/Regelventilen 204, 204' und 204" und den 6 Absperrventilen 207, 207', 207", 208, 208' und 208" in Wirkverbindung. Gas GH aus einer Gasquelle Q, wie aus einer Kaverne, aus einem Gashochdrucknetz oder einem Gasmitteldrucknetz, aus einer Pipeline oder aus einem Gastank wird am Eingang 201 in die Gasentspannungsanlage 200 eingeleitet, wobei es eine vorgegebene Temperatur hat, die symbolisch durch das dort dargestellte Thermometer T1 repräsentiert wird. Dabei kann der Gasdruck am Eingang 201 etwa 63 bar bei ca. 4°C bis 5°C betragen und einen Gasstrom von bis zu 50.000 Nm³/h aufweisen. Dieser Gasstrom an Eingang 201 soll durch die Gasentspannungsanlage 200 zum Ausgang 202 geleitet werden, wo der Gasdruck nur noch etwa 25 bar beträgt. Zur Kompensation des Joule-Thomson-Effektes soll eine Wärmeleistung von etwa 300 kW bei einem Gasstrom von etwa 50.000 Nm³/h in das Gas bei der Entspannung eingeleitet werden.

[0037] Die Gasentspannungsanlage 200 weist ein Bypassventil 203 auf, das nur zur Stilllegung der Gasentspannungsanlage 200 geöffnet ist, um die Gasentspannungsanlage 200 beispielsweise für eine Wartung oder für eine Reparatur zugänglich zu machen. In diesem Fall sind die Sperr-/Regelventile 204, 204', 204" und das Absperrventil 205 geschlossen, so dass die einzelnen Aggregate der Gasentspannungsanlage 200 bis auf die Bypassleitung 203' druckfrei sind. Im Wartungs- oder Reparaturfall muss die Entspannung des Gases an einer stromabwärts gelegenen Stelle erfolgen.

[0038] Ist das Bypassventil 203 geschlossen und sind die Sperr-/Regelventile 204, 204', 204" und 205 geöffnet, was dem Normalfall entspricht, strömt das unter Druck stehende Gas GH, das aus dem Eingang 201 in die Gasentspan-

nungsanlage 200 strömt, in die Einlässe 11, 11', 11" der Wirbelrohre 10, 10' und 10". In den Wirbelrohren 10, 10', 10" nach Ranque-Hielsch wird das unter Druckstehende Gas GH entspannt und teilt sich jeweils auf in eine Warmfraktion WF, WF' und WF" welche die Wirbelrohre 10, 10', 10" am jeweils korrespondierenden Auslass 13, 13', 13" verlassen und jeweils eine Kaltfraktion KF, welche die Wirbelrohre 10, 10', 10" an den Auslässen 11, 11', 11" verlassen. Die Temperatur der Warmfraktionen WF, WF', WF" ist höher als die Temperatur des unter Druck stehenden Gases GH, was durch die Thermometer T2, T2', T2" angedeutet ist. Hingegen ist die Temperatur der vereinten Kaltfraktion KF deutlich geringer als die Temperatur des unter Druckstehenden Gases GH, was durch das Thermometer T3 angedeutet ist. Bei einer Eingangstemperatur des Gases GH von 4°C bis 5°C ist die Temperatur der vereinten Kaltfraktion KF im Idealfall etwa -10°C, um einen Abstand zum Taupunkt von nassem Erdgas einzuhalten, der bei etwa -15°C liegt. Die aus den Auslässen 11, 11' und 11" der Wirbelrohre 10, 10' und 10" strömenden Gase als Kaltfraktion KF strömen sodann in einen Wärmetauscher 30, der Wärme aus der atmosphärischen Luft in das Gas der vereinten Kaltfraktion KF einleitet. Solange die atmosphärische Luft wärmer ist als -10°C, was im mitteleuropäischen Klima in der Regel der Fall ist, geht die Wärme aus der atmosphärischen Luft spontan auf die vereinte Kaltfraktion KF über. Die erwärmte Kaltfraktion KF wird am Ausgang des Wärmetauschers 30 durch eine zusammenführende Rohrleitung 206 mit den Warmfraktionen WF, WF' und WF" vereint und fließt über das Absperrventil 205 zum Ausgang 202. Am Ausgang 202 ist das entspannte Gas wärmer als am Eingang 201, was durch das Thermometer T5 dargestellt wird.

[0039] Im Gegensatz zur Gasentspannungsanlage 100 ist in dieser beispielhaft dargestellten Gasentspannungsanlage 200 vorgesehen, dass sich zwischen dem Eingang 201 und den Sperr-/Regelventile 204, 204' und 204" eine optionale elektrische Heizvorrichtung 210 befindet, die nur dann eingesetzt wird, wenn die Temperatur der atmosphärischen Luft nicht ausreicht, mit dem vorhandenen Wärmetauscher 30 eine Heizleistung von etwa 300 kW bei einem Gasmengenstrom von ca. 50.000 Nm³/h oder entsprechend weniger Wärme pro Zeiteinheit bei einem geringeren Gasmengenstrom in die vereinten Kaltfraktion KF aus den drei Wirbelrohren 10, 10' und 10" einzuleiten. Es ist möglich, die Heizvorrichtung 210 auch am Ausgang 202 zu platzieren. Schließlich ist es auch möglich, je eine elektrische Heizvorrichtung am Eingang 201 und am Ausgang 202 zu platzieren.

[0040] In den Unterfiguren Figur 5A, Figur 5B, Figur 5C, Figur 5D, Figur 5E und Figur 5F der **Figur 5** sind verschiedene Schaltzustände der Gasentspannungsanlage 200 dargestellt, wobei zur Wahrung der Übersicht die Steuerungsvorrichtung SV (abgebildet in Figur 4) mitsamt ihren Verbindungsleitungen zu den Ventilen aus den Unterfiguren 5A bis 5F ausgeblendet wurden.

[0041] Die Funktionsweise der Gasentspannungsanlage 200 unterscheidet sich von der Funktionsweise der Gasentspannungsanlage 100 in Figur 1 im Detail dadurch, dass die drei Wirbelrohre 10, 10' und 10" unterschiedlich gestimmt sind, also eine unterschiedliche Auslegung für unterschiedliche Gasmengenströme haben. Für eine beispielhafte Auslegung des Wirbelrohrs 10 für einen Gasmengenstrom von 7.500 Nm³/h, Auslegung des Wirbelrohrs 10' für einen Gasmengenstrom von 15.000 Nm³/h und Auslegung des Wirbelrohrs 10" für einen Gasmengenstrom von 30.000 Nm³/h lässt sich die Gasentspannungsanlage 200 durch individuelles zu- oder abschalten der Wirbelrohre 10, 10' oder 10" wie folgt für unterschiedliche Gesamtgasmengenströme konfigurieren:

Unterfigur	Wirbelrohr 10	Wirbelrohr 10'	Wirbelrohr 10"	Gesamtgasmengenstrom
-	abgeschaltet	abgeschaltet	abgeschaltet	0 Nm ³ /h (aus)
5A	<u>zugeschaltet</u>	abgeschaltet	abgeschaltet	7.500 Nm ³ /h
5B	abgeschaltet	<u>zugeschaltet</u>	abgeschaltet	15.000 Nm ³ /h
5D	<u>zugeschaltet</u>	<u>zugeschaltet</u>	abgeschaltet	22.500 Nm ³ /h
5C	abgeschaltet	abgeschaltet	<u>zugeschaltet</u>	30.000 Nm ³ /h
-	<u>zugeschaltet</u>	abgeschaltet	<u>zugeschaltet</u>	37.500 Nm ³ /h
5F	abgeschaltet	<u>zugeschaltet</u>	<u>zugeschaltet</u>	45.000 Nm ³ /h
5E	<u>zugeschaltet</u>	<u>zugeschaltet</u>	<u>zugeschaltet</u>	52.500 Nm ³ /h

[0042] In den Unterfiguren 5A bis 5F ist der abgeschaltete Zustand eines Wirbelrohres durch Strichlinierung des betreffenden Wirbelrohres dargestellt. Der Weg des Gases durch die Gasentspannungsanlage 200 ist durch Fettdruck der Rohrverbindungen dargestellt. Die Schaltzustände für 0 Nm³/h und für eine beispielhafte Konfiguration für einen Gasmengenstrom von 37.500 Nm³/h ist hier nicht eingezeichnet.

[0043] In **Figur 6** ist eine dritte Variante der erfindungsgemäßen Gasentspannungsanlage 300 mit parallel geschalteten Wirbelrohren 10, 10', 10", die verschieden gestimmt sind, und zwei Wärmetauschern 30 und 30' als vereinfachtes Schaltungsdiagramm dargestellt.

[0044] Diese hier beispielhaft dargestellte Gasentspannungsanlage 300 funktioniert wie die Gasentspannungsanlage 200 und unterscheidet sich von der Gasentspannungsanlage 200 in Figur 4 durch die zwei nebeneinander vorliegenden Wärmetauscher 30 und 30', die durch eine Steuerungsanlage SV über Absperrventile 309, 309' und 311 sowie 311' einzeln zu oder abgeschaltet werden können. Hierzu steht die Steuerungsvorrichtung SV mit den vier gegenüber Gasentspannungsanlage 200 zusätzlichen vier Absperrventilen 309, 309' und 311 sowie 311' in Wirkverbindung. Gas GH aus einer Gasquelle Q, wie aus einer Kaverne, aus einem Gashochdrucknetz oder einem Gasmitteldrucknetz, aus einer Pipeline oder aus einem Gastank wird am Eingang 301 in die Gasentspannungsanlage 300 eingeleitet, wobei es eine vorgegebene Temperatur hat, die symbolisch durch das dort dargestellte Thermometer T1 hat. Dabei kann der Gasdruck am Eingang 301 etwa 63 bar bei ca. 4°C bis 5°C betragen und einen Gasmengenstrom von bis zu 50.000 Nm³/h aufweisen. Dieser Gasmengenstrom an Eingang 301 soll durch die Gasentspannungsanlage 300 zum Ausgang 302 geleitet werden, wo der Gasdruck nur noch etwa 25 bar beträgt. Zur Kompensation des Joule-Thomson-Effektes sollen eine Wärmeleistung von bis zu 300 kW bei einem Gasmengenstrom von ca. 50.000 Nm³/h oder entsprechend weniger Wärme pro Zeiteinheit bei einem geringeren Gasmengenstrom in das Gas bei der Entspannung eingeleitet werden.

[0045] Die Gasentspannungsanlage 300 weist ein Bypassventil 303 auf, das nur zur Stilllegung der Gasentspannungsanlage 300 geöffnet ist, um die Gasentspannungsanlage 300 beispielsweise für eine Wartung oder für eine Reparatur zugänglich zu machen. In diesem Fall sind die Sperr-/Regelventile 304, 304', 304" und das Absperrventil 305 geschlossen, so dass die einzelnen Aggregate der Gasentspannungsanlage 300 bis auf die Bypassleitung 303' druckfrei sind. Im Wartungs- oder Reparaturfall muss die Entspannung des Gases an einer stromabwärts gelegenen Stelle erfolgen.

[0046] Ist das Bypassventil 303 geschlossen und sind die Sperr-/Regelventile 304, 304', 304" und 305 geöffnet, was dem Normalfall entspricht, strömt das unter Druck stehende Gas GH, das aus dem Eingang 301 in die Gasentspannungsanlage 300 strömt, in die Einlässe 11, 11', 11" der Wirbelrohre 10, 10' und 10". In den Wirbelrohren 10, 10', 10" nach Ranque-Hielsch wird das unter Druckstehende Gas GH entspannt und teilt sich jeweils auf in eine Warmfraktion WF, WF' und WF" welche die Wirbelrohre 10, 10', 10" am jeweils korrespondierenden Auslass 13, 13', 13" verlassen und jeweils eine Kaltfraktion KF, welche die Wirbelrohre 10, 10', 10" an den Auslässen 11, 11', 11" über Absperrventile 307, 307' und 307" verlassen. Die Temperatur der Warmfraktionen WF, WF', WF" ist höher als die Temperatur des unter Druckstehenden Gases GH, was durch die Thermometer T2, T2', T2" angedeutet ist. Hingegen ist die Temperatur der vereinten Kaltfraktion KF deutlich geringer als die Temperatur des unter Druckstehenden Gases GH, was durch das Thermometer T3 angedeutet ist. Bei einer Eingangstemperatur des Gases GH von 4°C bis 5°C ist die Temperatur der vereinten Kaltfraktion KF im Idealfall etwa -10°C, um einen Abstand zum Taupunkt von nassem Erdgas einzuhalten, der bei etwa -15°C liegt. Die aus den Auslässen 11, 11' und 11" der Wirbelrohre 10, 10' und 10" strömenden Gase als Kaltfraktion KF strömen sodann in einen Wärmetauscher 30 und/oder 30', die beide Wärme aus der atmosphärischen Luft in das Gas der vereinten Kaltfraktion KF einleiten. Solange die atmosphärische Luft wärmer ist als -10°C, was im mitteleuropäischen Klima in der Regel der Fall ist, geht die Wärme aus der atmosphärischen Luft spontan auf die vereinte Kaltfraktion KF über. Die erwärmte Kaltfraktion KF wird am Ausgang der Wärmetauscher 30 und 30' durch eine zusammenführende Rohrleitung 306 mit den Warmfraktionen WF, WF' und WF" vereint und fließt über das Absperrventil 305 zum Ausgang 302. Am Ausgang 302 ist das entspannte Gas wärmer als am Eingang 301, was durch das Thermometer T5 dargestellt wird.

[0047] Im Gegensatz zur Gasentspannungsanlage 200 ist in dieser beispielhaft dargestellten Gasentspannungsanlage 300 vorgesehen, dass die beiden Wärmetauscher 30 und 30' verschieden verschalten lassen. Die beiden Wärmetauscher 30 und 30' können parallel arbeiten, um so die Heizleistung zu verdoppeln, die in die vereinte Kaltfraktion eingeleitet wird. Es ist aber in besonderer Weise möglich über die Gasverteileranordnung 40, die ihrerseits über die Steuerungsvorrichtung SV ansprechbar und steuerbar ist, warmes Gas aus einer, aus zwei oder aus drei Wirbelrohren der Wirbelrohre 10, 10' und/oder 10" einzuleiten. Die Einleitung von Warmgas einer oder mehr als einer Warmfraktion WF aus den Wirbelrohren 10, 10' und/oder 10" in einen Wärmetauscher 30, 30' dient dazu, den betreffenden Wärmetauscher 30 und/oder 30' aufzutauen, sollte der Wärmetauscher 30 und/oder 30' bei feuchtem Wetter, wie an sehr schwülen Sommertagen, bei herbstlichem Feuchtwetter auf der atmosphärischen Seite vereisen und damit die Lamellen zusetzen, so dass keine atmosphärische Luft mehr in den betreffenden Wärmetauscher einfließen kann. Auch bei einer Teilvereisung auf der Gasseite des betreffenden Wärmetauschers kann die zugeleitete Warmfraktion WF die im Inneren des Wärmetauschers 30 und/oder 30' vorliegende Vereisung auftauen. Die wahlweise Umschaltung je eines Wärmetauschers 30 und/oder 30' hilft, mögliche Havarien zu vermeiden und auch die Funktion der Gasentspannungsanlage 300 aufrecht zu erhalten, selbst wenn aufgrund eines großen Gasmengenstroms die Gasentspannungsanlage 300 am Rand ihrer Kapazität arbeitet oder aber aufgrund widriger Wetterverhältnisse dazu neigt, an den Wärmetauschern 30 und/oder 30' zu vereisen.

[0048] Für eine Entkopplung der Wärmetauscher 30 und 30' ist vorgesehen, dass diese auf der zur Rohrleitung 306 weisenden Seite über Absperrventile 311, und 311' mit der der Rohrleitung 306 verbunden sind.

[0049] Zwischen dem Eingang 301 und den Sperr-/Regelventile 304, 304' und 304" befindet sich eine optionale elektrische Heizvorrichtung 310, die nur dann eingesetzt wird, wenn die Temperatur der atmosphärischen Luft nicht ausreicht,

EP 3 771 869 A1

mit dem vorhandenen Wärmetauschern 30 und 30' eine notwendige Heizleistung von bis zu 300 kW bei einem Gas-
mengenstrom von 50.000 Nm³/h oder entsprechend weniger Wärme pro Zeiteinheit bei einem geringeren Gasmengen-
strom in die Kaltfraktion KF einzuleiten. Es ist möglich, die Heizvorrichtung 310 auch am Ausgang 302 zu platzieren.
Schließlich ist es auch möglich, je eine elektrische Heizvorrichtung am Eingang 301 und am Ausgang 302 zu platzieren.

5 **[0050]** In den Unterfiguren Figur 7A, Figur 7B, Figur 7C der **Figur 7** sind verschiedene Schaltzustände der Gasent-
spannungsanlage 300 dargestellt, wobei zur Wahrung der Übersicht die Steuerungsvorrichtung SV (abgebildet in Figur
6) mitsamt ihren Verbindungsleitungen zu den Ventilen aus den Unterfiguren 7A bis 7C ausgeblendet wurden. Die
Bezugszeichen wurden auch ausgeblendet, wobei die Zeichnungen in den Unterfiguren bis auf die Ausblendung der
Figur 6 entspricht.

10 **[0051]** In den Unterfiguren 7A bis 7C ist der abgeschaltete Zustand eines Wirbelrohres durch Strichlinierung des
betreffenden Wirbelrohres dargestellt. Der Weg des Gases durch die Gasentspannungsanlage 300 ist durch Fettdruck
der Rohrverbindungen dargestellt.

15 **[0052]** In **Unterfigur 7A** ist dargestellt, das Wirbelrohr 10, das oberste der drei Wirbelrohre 10, 10' und 10" zugeschaltet
und aktiv ist und so funktioniert, wie es zur Figurenbeschreibung zu Figur 6 beschrieben ist. Dabei strömt die Kaltfraktion
KF von Wirbelrohr 10 in den unteren Wärmetauscher 30'. Das unterste Wirbelrohr 10" der drei Wirbelrohre 10, 10' und
10" ist durch die Konfiguration der Ventilstellungen der Gasverteilungsanordnung 40 und der Ventilstellung von Ventil
308" so geschaltet, dass dessen Warmfraktion WF" in den oberen Wärmetauscher 30 strömt, um diesen zu enteisen.
Freilich wird durch die Enteisierungsfunktion ein Teil der Wärme geopfert, die durch die Warmfraktion WF" gewonnen
werden soll. Dieser Wärmeverlust kann aber zumindest teilkompensiert werden durch die elektrische Heizvorrichtung
20 310.

[0053] In **Unterfigur 7B** ist eine zu Unterfigur 7A umgekehrte Verschaltung dargestellt. In dieser Konfiguration arbeitet
der obere Wärmetauscher 30 wie in der Figurenbeschreibung zu Figur 6 beschrieben ist, und der untere Wärmetauscher
30' wird mit der Warmfraktion WF" des untersten Wirbelrohres 10" beaufschlagt, so dass der Wärmetauscher 30' enteist
werden kann.

25 **[0054]** In **Unterfigur 7C** ist die Verschaltung von Unterfigur 7B dargestellt, wobei jedoch das mittlere Wirbelrohr 10'
zugeschaltet und aktiviert ist, um mit seiner Warmfraktion WF' die Temperatur der vereinten Gasfraktionen in Rohrleitung
306 zu erhöhen, um die durch das Enteisen verlorene Wärme zumindest zum Teil zu kompensieren.

BEZUGSZEICHENLISTE

30	10	Wirbelrohr	27	Kühlrippe
	10'	Wirbelrohr		
	10"	Wirbelrohr	30	Wärmetauscher
	11	Einlass	31	Wärmetauschereingang
35	11'	Einlass	32	Wärmetauscherausgang
	11"	Einlass	30'	Wärmetauscher
	12	Auslass, Kaltfraktion	31'	Wärmetauschereingang
	12'	Auslass, Kaltfraktion	32'	Wärmetauscherausgang
	12"	Auslass, Kaltfraktion		
40	13	Auslass, Warmfraktion	40	Gasverteileranordnung
	13'	Auslass, Warmfraktion		
	13"	Auslass, Warmfraktion	100	Gasentspannungsanlage
			101	Eingang
45	20	Wirbelrohr	102	Ausgang
	21	Einlass,	103	Bypassventil
	22	Auslass, Kaltfraktion	103'	Bypassleitung
	23	Auslass, Warmfraktion	104	Sperr-/Regelventil
	24	Gehäuse	105	Absperrventil
50	25	Strömungseingang	106	Rohrleitung
	26	Strömungsausgang	110	Heizvorrichtung
	200	Gasentspannungsanlage	303	Bypassventil
	201	Eingang	303'	Bypassleitung
55	202	Ausgang	304	Sperr-/Regelventil
	203	Bypassventil	304'	Sperr-/Regelventil
	203'	Bypassleitung	304"	Sperr-/Regelventil
	204	Sperr-/Regelventil	305	Absperrventil

(fortgesetzt)

	204'	Sperr-/Regelventil	306	Rohrleitung
	204"	Sperr-/Regelventil	307	Absperrventil
5	205	Absperrventil	307'	Absperrventil
	206	Rohrleitung	307"	Absperrventil
	207	Absperrventil	308	Absperrventil
	207'	Absperrventil	308'	Absperrventil
10	207"	Absperrventil	308"	Absperrventil
	208	Absperrventil	309	Absperrventil
	208'	Absperrventil	309'	Absperrventil
	208"	Absperrventil	310	Heizung
	210	Heizvorrichtung	311	Absperrventil
15			311'	Absperrventil
	300	Gasentspannungsanlage		
	301	Eingang	T1	Thermometer
	302	Ausgang	T2	Thermometer
20	T2'	Thermometer	S	Gassenke
	T2"	Thermometer	SV	Steuerungsvorrichtung
	T3	Thermometer	TS	Teilstrom
	T4	Thermometer	W1	Wirbel
	T4'	Thermometer	W2	Wirbel
25	T5	Thermometer	WF	Warmfraktion
	GH	Gas, Hochdruckseite	WF'	Warmfraktion
	KF	Kaltfraktion	WF"	Warmfraktion
	Q	Gasquelle	WS	Warmstrom
30	RW	Rohrwand		

Patentansprüche

1. Gasentspannungsanlage (100, 200, 300) zur Entspannung und Mengensteuerung von Gas zum Einsatz zwischen

- einer ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q), wie ein Gastank, ein Gasmitteldrucknetz oder Gas-hochdrucknetz oder ein Kavernenspeicher und
- einer zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke (S), wie ein Verbraucher, ein Gasniederdrucknetz oder eine Gasversorgungsleitung, aufweisend

- mindestens ein Wirbelrohr (10, 10', 10", 20), das in Strömungsverbindung mit der ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q) steht, wobei das Gas aus der Gasquelle (Q) in das Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) in einen tangentialen Einlass (11, 11', 11", 21) einströmt, und aus zwei Auslässen in Form eines ersten Auslasses (12, 12', 12", 22) für eine erste Kaltfraktion des Gases und in Form eines zweiten Auslasses (13, 13', 13", 23) für eine zweite Warmfraktion (WF, WF', WF") des Gases ausströmt, und

- mindestens einen Wärmetauscher (30, 30'), wobei die aus dem ersten Auslass (12, 12', 12", 22) des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) strömende Kaltfraktion (KF) des Gases in Strömungsverbindung mit dem mindestens einen Wärmetauscher (30, 30') steht und in den Wärmetauscher (30, 30') als Kaltstrom in einen Wärmetauschereingang (31, 31') einströmt,

dadurch gekennzeichnet, dass die aus dem zweiten Auslass (13, 13', 13", 23) des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) strömende Warmfraktion (WF, WF', WF") über eine Rohrleitungsverbindung (14) mit einem aus einem Wärmetauscher-ausgang (33) des Wärmetauschers (30) ausströmenden Warmstrom in Strömungsverbindung steht und die vereinten Warmfraktionen aus Warmfraktion (WF, WF', WF") und Warmstrom (WS) in Strömungsverbindung mit der zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke (S) stehen.

2. Gasentspannungsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

EP 3 771 869 A1

mehr als ein Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) parallel zueinander geschaltet sind, wobei die verschiedenen Wirbelrohre (10, 10', 10", 20) für verschiedene Gasmengenströme ausgelegt sind, und durch Sperr- und/oder Regelventile (204, 204', 204", 304, 304', 304") an den Einlässen (11, 11', 11") und durch Absperrventile (207, 207', 207", 208, 208', 208", 307, 307', 307", 308, 308', 308") an den zwei Auslässen (11, 11', 11", 12, 12', 12") einzeln zu- oder abschaltbar sind.

5
3. Gasentspannungsanlage nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

10
mehr als ein Wärmetauscher (30, 30') nebeneinander vorliegen sind, wobei die verschiedenen Wärmetauscher (30, 30') durch Absperrventile (309, 309', 311, 311') an dem jeweiligen Wärmetauschereingang (31) und an dem jeweiligen WärmetauscherAusgang (32) einzeln zu- oder abschaltbar sind.

15
4. Gasentspannungsanlage nach Anspruch 3, rückbezogen auf Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, dass**

mindestens ein Wärmetauschereingang (31, 31') eines Wärmetauschers (30, 30') der verschiedenen Wärmetauscher (30, 30') durch eine Gasverteileranordnung (40) mit dem zweiten Auslass (13, 13', 13", 23) mindestens eines Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) für eine zweite Warmfraktion (WF, WF', WF") des Gases verbindbar ist, so dass die Warmfraktion (WF, WF', WF") des Gases aus dem mindestens einen Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) in den betreffenden Wärmetauscher (30, 30') einströmt.

20
5. Gasentspannungsanlage nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

25
eine Steuerungsanordnung (SV) die Beaufschlagung verschiedener Wärmetauscher (30, 30') mit der Kaltfraktion (KF) oder der Warmfraktion (WF, WF', WF") aus dem mindestens einen Wärmetauscher (30, 30') so steuert, dass die verschiedenen Wärmetauscher (30, 30') wechselweise mit der Kaltfraktion (KF) oder Warmfraktion (WF, WF', WF") durchströmt werden.

30
6. Gasentspannungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

das mindestens eine Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) Kühlrippen (27) aufweist und in einem Gehäuse (24) mit einem Strömungseingang (25) und einem Strömungsausgang (26) eingehaust ist,

35
wobei der Strömungseingang (25) des Gehäuses (24) mit dem Einlass (11, 11', 11") des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) verbunden ist, so dass ein Teilstrom (TS) des in das mindestens eine Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) einströmenden Gases (GH) in den Strömungseingang (25) des Gehäuses (24) strömt, der Teilstrom (TS) durch das Gehäuse (24) strömt, und als Warmfraktion (WF, WF', WF") des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) über einen Strömungsausgang (26) des Gehäuses (24) das Gehäuse (24) verlässt.

40
7. Gasentspannungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine elektrisch betriebene Heizungsanordnung (110, 210, 310) gastromaufwärts des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) und/oder gastromabwärts des mindestens einen Wärmetauschers (30, 30') angeordnet ist.

45
8. Verfahren zur Entspannung und Mengensteuerung von Gas zum Einsatz zwischen

- einer ersten, gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q) und

45
- einer zweiten, gastromabwärts gelegenen Gassenke (S),

wobei das Gas aus der Gasquelle (Q) zur Entspannung durch mindestens ein Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) geleitet und in je eine Kaltfraktion (KF) und je eine Warmfraktion (WF, WF', WF") aufgeteilt wird, und

wobei die Kaltfraktion (KF) über einen mindestens einen Wärmetauscher (30, 30') Wärme aus der Atmosphäre aufnimmt und sich dabei erwärmt, **gekennzeichnet durch**

50
Vereinen der Warmfraktion (WF, WF', WF") des Gases aus dem mindestens einen Wirbelrohr (10, 10', 10", 20) mit der durch den Wärmetauscher (30, 30') erwärmten Kaltfraktion (KF), so dass das entspannte Gas unter geringerem Druck als das in die Gasentspannungsanlage (100, 200, 300) einströmende Gase in die gastromabwärts gelegene Gassenke (S) strömt.

55
9. Verfahren nach Anspruch 8,

gekennzeichnet durch,

dass mehr als ein Wärmetauscher (30, 30') wechselweise mit der Kaltfraktion (KF) und der Warmfraktion (WF, WF', WF") des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) beaufschlagt wird,

EP 3 771 869 A1

wobei stets mindestens ein Wärmetauscher (30, 30') mit der Kaltfraktion (KF) des mindestens einen Wirbelrohres (10, 10', 10", 20) beaufschlagt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9,

5 **gekennzeichnet durch**
elektrisches Heizen des Gases (GH), das aus der gastromaufwärts gelegenen Gasquelle (Q) in die Gasentspannungsanlage (100, 200, 300) einströmt und/oder
elektrisches Heizen des Gases, das zur gastromabwärts gelegenen Gassenke (S) strömt.

10

15

20

25

30

35

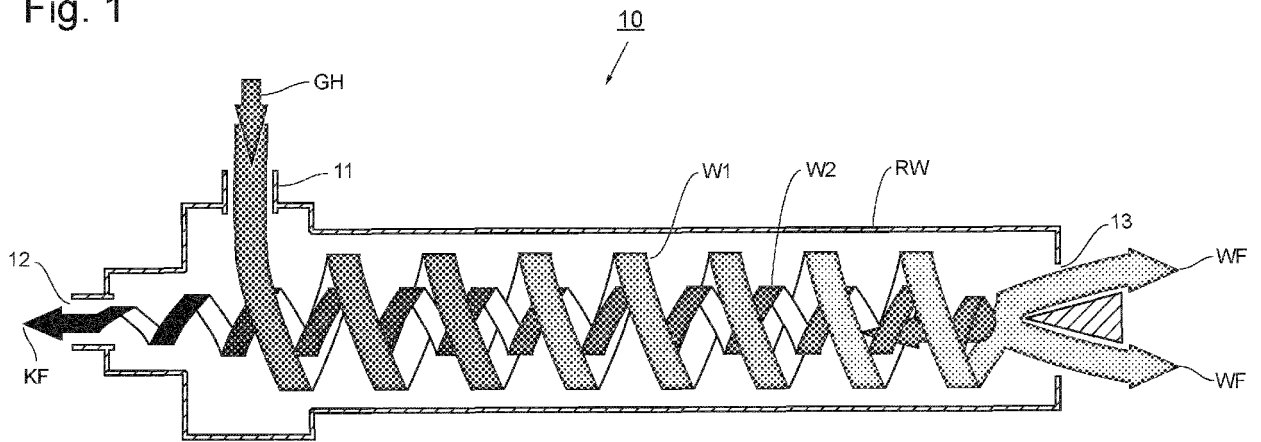
40

45

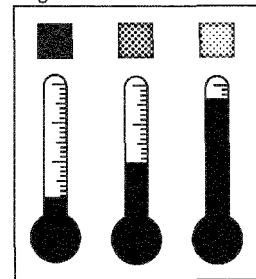
50

55

Fig. 1



Legende



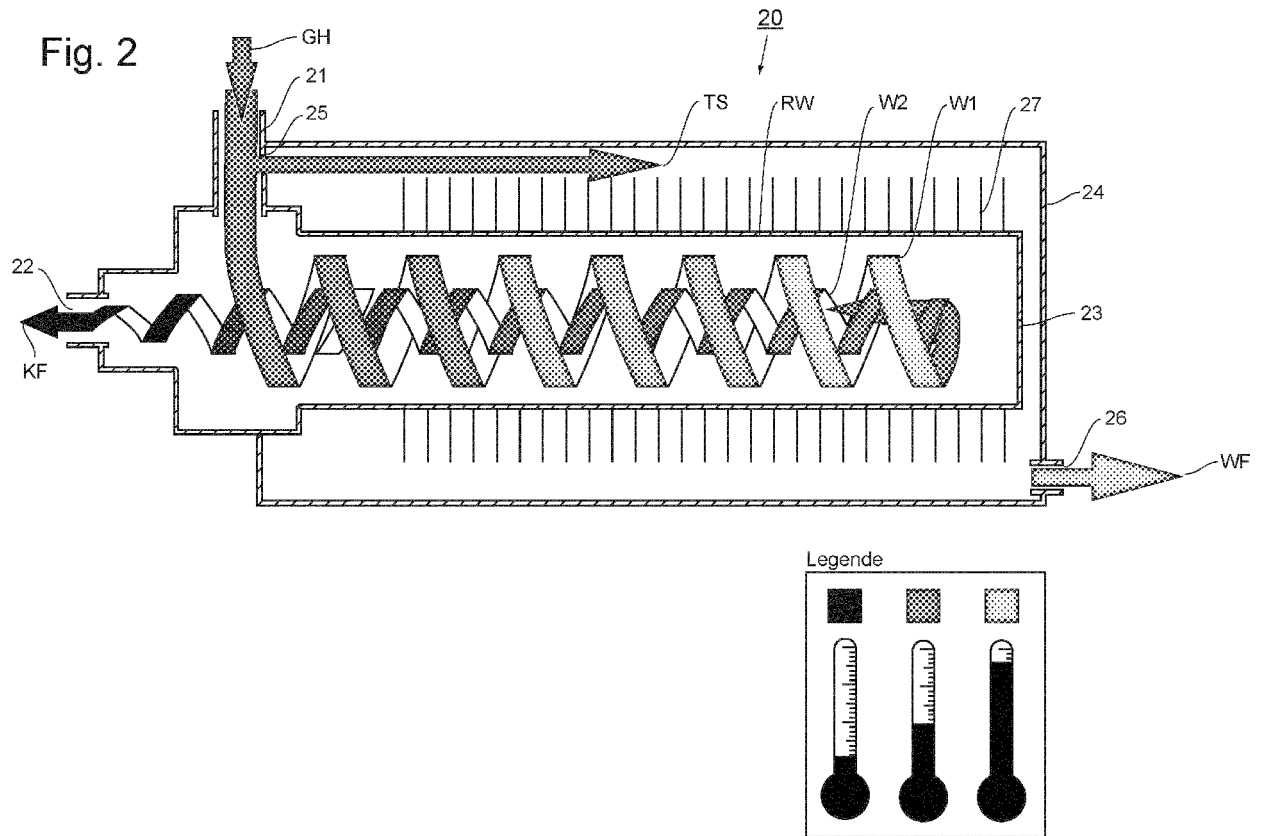


Fig. 3

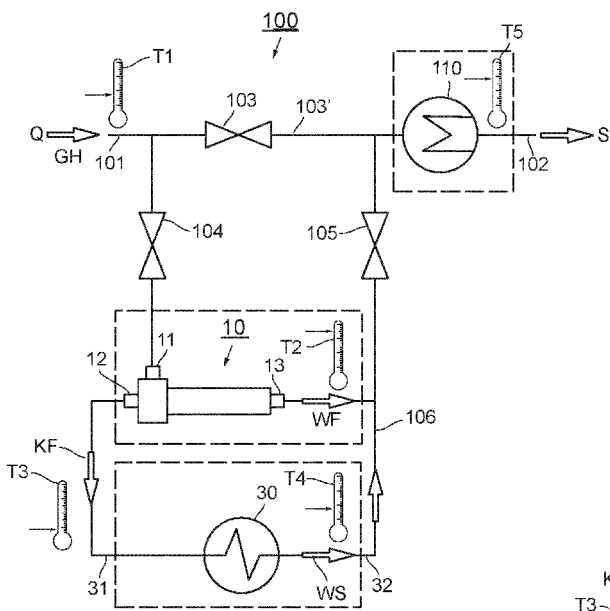


Fig. 4

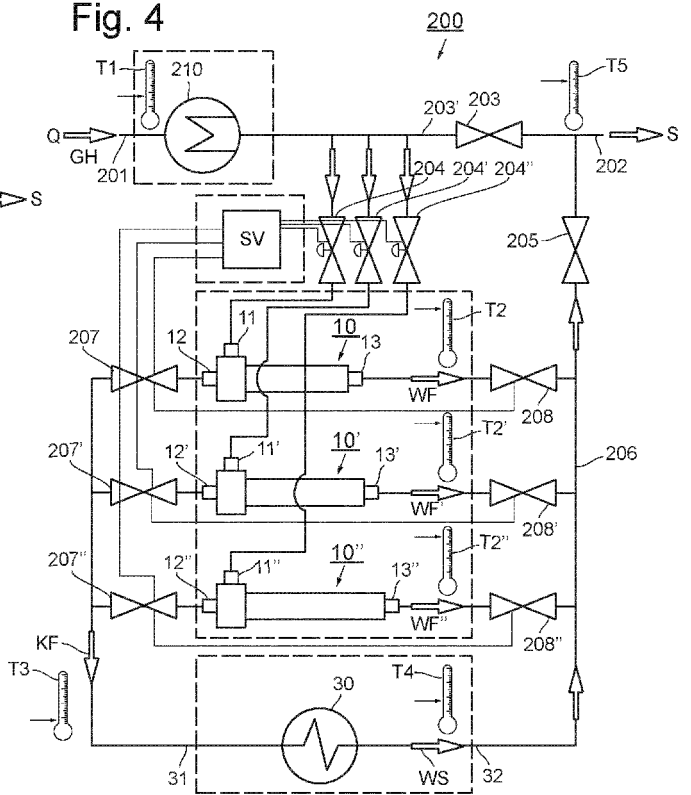


Fig. 5

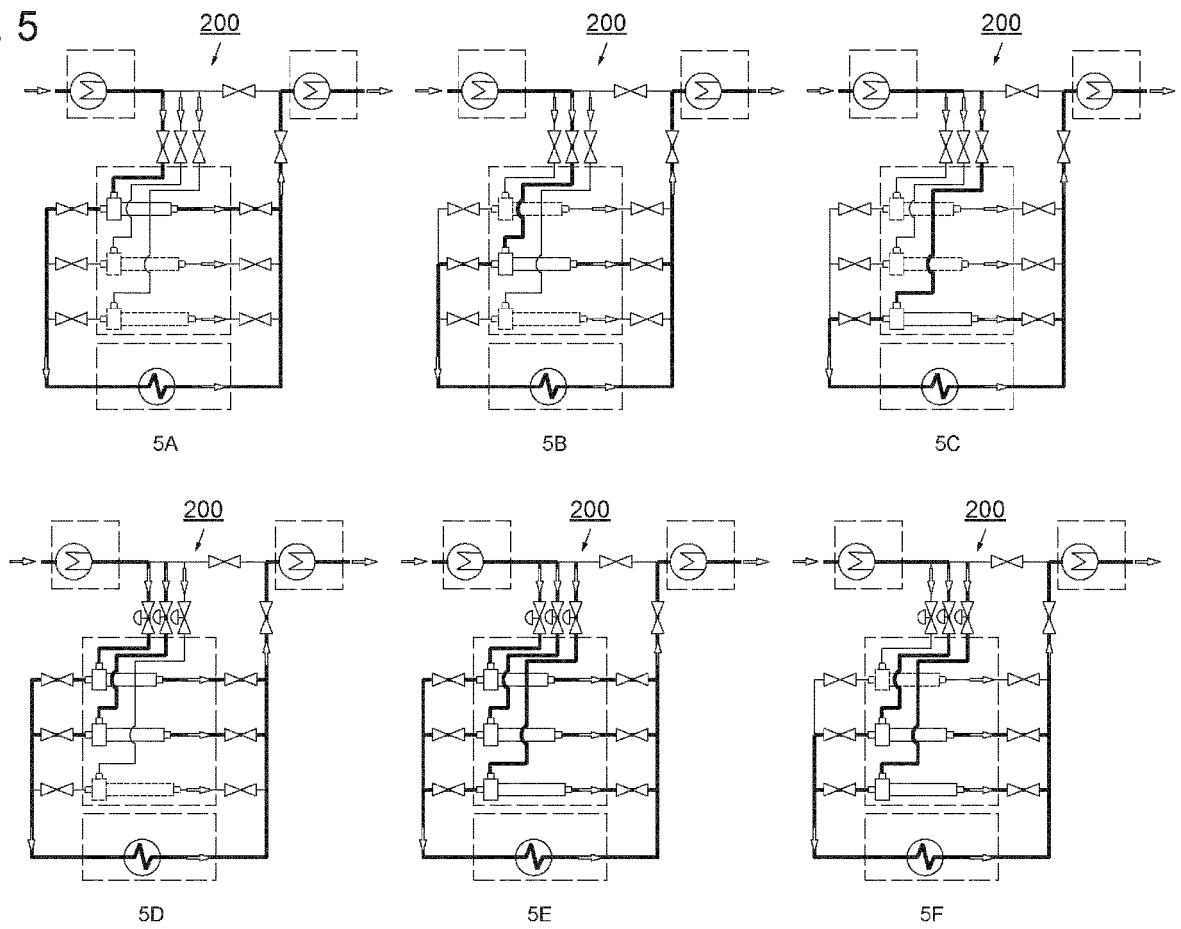


Fig. 6

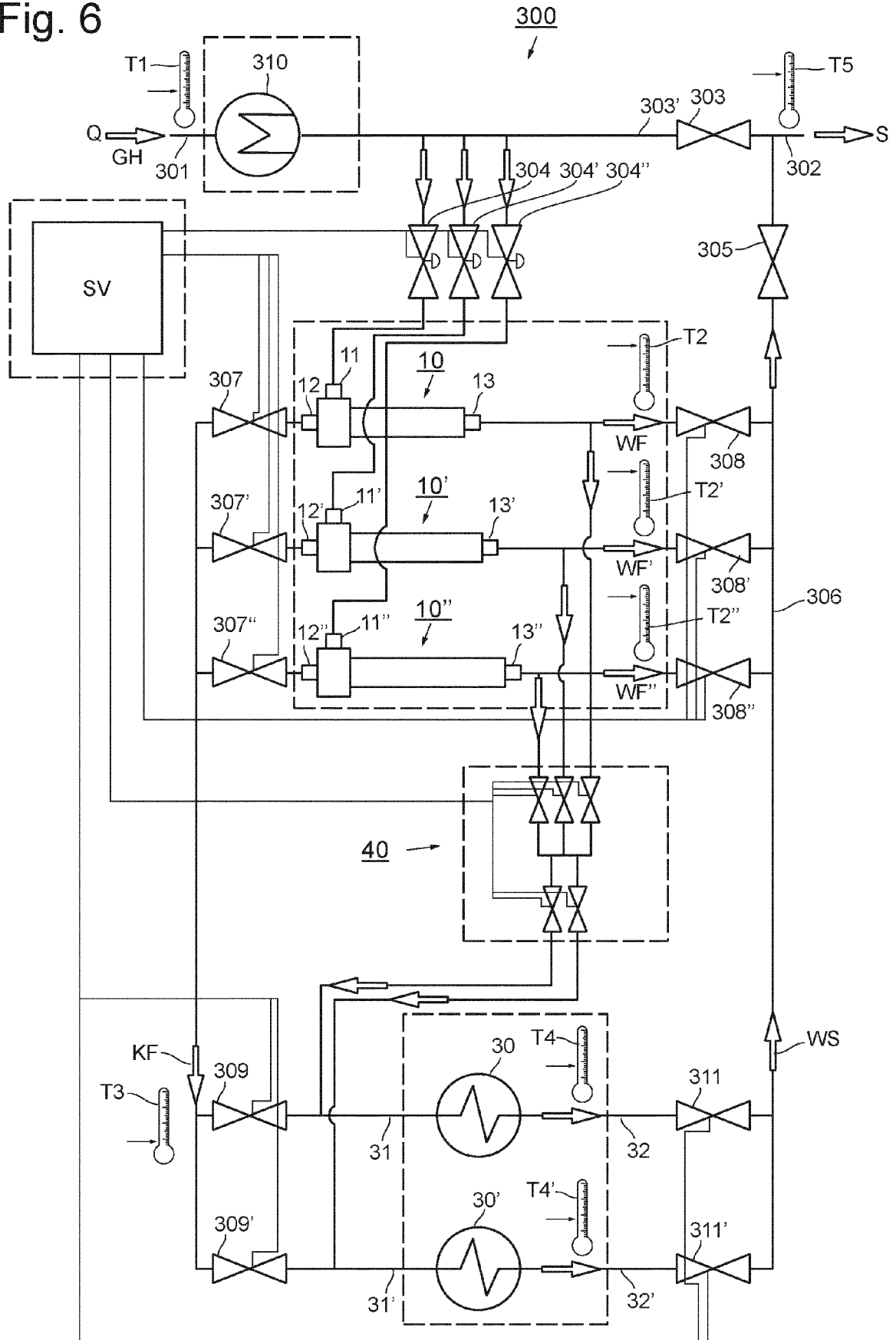
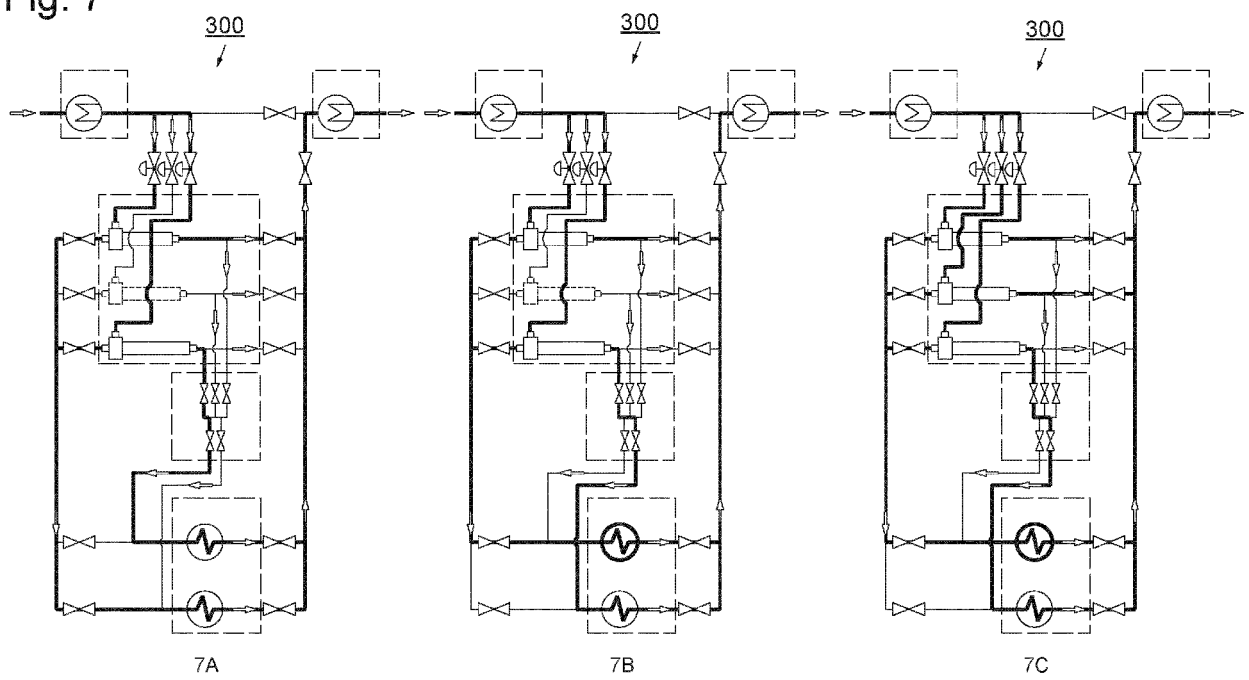


Fig. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 02 0320

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X Y A	CN 107 990 145 A (UNIV DALIAN TECH) 4. Mai 2018 (2018-05-04) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Absätze [0027] - [0030] * -----	1,7,8,10 2 3-6,9	INV. F25B9/04 F17C7/00 F17D1/02 F28F27/00
15 Y	ATTALLA M ET AL: "Experimental investigation for thermal performance of series and parallel Ranque-Hilsch vortex tube systems", APPLIED THERMAL ENGINEERING, PERGAMON, OXFORD, GB, Bd. 123, 18. Mai 2017 (2017-05-18), Seiten 327-339, XP085124824, ISSN: 1359-4311, DOI: 10.1016/J.APPLTHERMALENG.2017.05.084 * das ganze Dokument *	2	
20 X A	CN 104 165 269 A (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL; SINOPEC EXPLORATION & PRODUCTION RES INST) 26. November 2014 (2014-11-26) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1,3,8 2,4,5	RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
25 X	CN 202 791 341 U (TIANJIN MACHINERY MFG BRANCH BITUO E COMMERCE CO LTD) 13. März 2013 (2013-03-13) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1,8	F25B F17C F17D F28D F28F
30 X Y A	US 3 672 179 A (FOSTER-PEGG RICHARD W) 27. Juni 1972 (1972-06-27) * das ganze Dokument * -----	1,8 6 2,3	
35 Y,D	US 5 911 740 A (TUNKEL LEV [US] ET AL) 15. Juni 1999 (1999-06-15) * Spalte 2, Zeilen 23-50; Abbildungen 1-4 * ----- -/--	6	
40 45	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
3	Recherchenort München	Abschlussdatum der Recherche 25. November 2020	Prüfer Leclaire, Thomas
50	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EPO FORM 1503 03 02 (P/04CC03)

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 02 0320

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2010 033124 A1 (DAIMLER AG [DE]) 9. Februar 2012 (2012-02-09) * das ganze Dokument * -----	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. November 2020	Prüfer Leclaire, Thomas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/02 (P/04CC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 02 0320

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-11-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 107990145 A	04-05-2018	KEINE	

CN 104165269 A	26-11-2014	KEINE	

CN 202791341 U	13-03-2013	KEINE	

US 3672179 A	27-06-1972	CA 920503 A	06-02-1973
		GB 1268069 A	22-03-1972
		US 3672179 A	27-06-1972

US 5911740 A	15-06-1999	KEINE	

DE 102010033124 A1	09-02-2012	DE 102010033124 A1	09-02-2012
		WO 2012016647 A1	09-02-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2011031576 A1 [0006] [0010] [0012] [0013] [0014]
- US 5911740 A [0013]