



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.11.2023 Patentblatt 2023/45

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01K 23/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23170078.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01K 23/06; F23K 2300/205

(22) Anmeldetag: **26.04.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Högemann, Daniel**
81825 München (DE)
- **Doerbeck, Till**
83026 Rosenheim (DE)
- **Dluhosch, Rabea**
52428 Jülich (DE)
- **May, Martin**
52428 Jülich (DE)
- **Dittmann-Gabriel, Sören**
52428 Jülich (DE)
- **Ulf, Herrmann**
52428 Jülich (DE)

(30) Priorität: **29.04.2022 DE 102022110580**

(71) Anmelder:

- **Kraftanlagen Energies & Services GmbH**
80339 München (DE)
- **Dürr Systems AG**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)

(74) Vertreter: **Pfiz/Gauss Patentanwälte PartmbB**
Tübinger Strasse 26
70178 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

- **Trefz, Fabian**
71556 Althütte (DE)

(54) **ANLAGE MIT WÄRMETAUSCHER UND ANLAGEN-BETRIEBSVERFAHREN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anlage mit einer Leitung (18) für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher (20) für das Austauschen von Wärme zwischen dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid und einem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid angeordnet ist, der einen Wärmetauscher-Eingang (50) hat, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid aus der Leitung (18) in den Wärmetauscher (20)

zugeführt werden kann, und der einen Wärmetauscher-Ausgang (52) hat, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers (20) wieder in die Leitung (18) gelangen kann. Erfindungsgemäß enthält die Anlage eine Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung (18) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid.

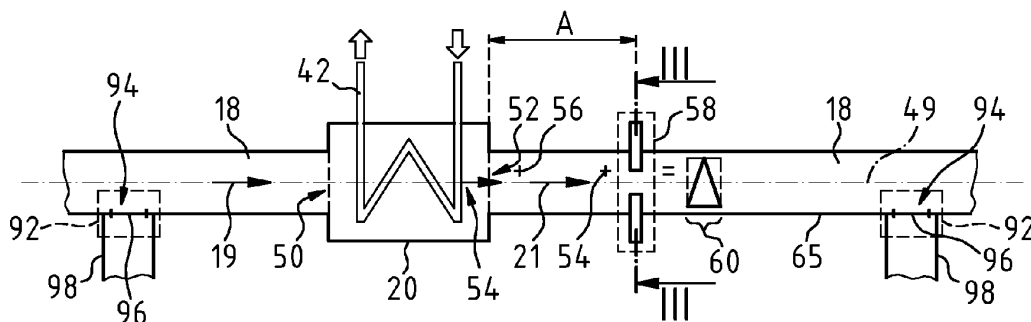


Fig.2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage mit einer Leitung für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher für das Austauschen von Wärme zwischen dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid und einem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid angeordnet ist, der einen Wärmetauscher-Eingang hat, durch den das Wärmeträgerfluid aus der Leitung in den Wärmetauscher zugeführt werden kann, und der einen Wärmetauscher-Ausgang hat, durch den das Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers wieder in die Leitung gelangen kann.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betrieb einer Anlage mit einer Leitung für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher für das Austauschen von Wärme zwischen dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid und einem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid angeordnet ist, damit das Wärmeträgerfluid den Wärmetauscher von einem Wärmetauscher-Eingang für das Wärmeträgerfluid zu einem Wärmetauscher-Ausgang für das Wärmeträgerfluid durchströmen kann.

[0003] Aus der DE 21 2016 000 187 U1 ist eine Anlage und ein Verfahren bekannt, bei dem ein Gas komprimiert wird, wobei nach der Kompression des Gases die beim Komprimieren entstandene Wärme über einen Wärmetauscher an ein ORC-System (ORC = Organic Rankine Cycle) abgegeben wird.

[0004] Die spezifische Wärmekapazität eines Gases ist im Allgemeinen geringer als die spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit. Um in einem Wärmetauscher die gleiche Wärmemenge pro Zeiteinheit von einer Primärseite, durch die ein Wärmeträgerfluid strömt, auf eine Sekundärseite des Wärmetauschers zu übertragen, muss deshalb ein gasförmiges Wärmeträgerfluid mit einem größeren Massenstrom durch den Wärmetauscher bewegt werden als ein flüssiges Wärmeträgerfluid.

[0005] Beim Übertragen von Wärme in einem Wärmetauscher mit gasförmigem Wärmeüberträgerfluid gibt es den Vorteil, dass dieses im allgemeinen höheren Temperaturen als flüssiges Wärmeträgerfluid ausgesetzt werden kann, ohne dass Phasenübergänge und/oder chemische Umwandlungen erfolgen.

[0006] Insbesondere Luft eignet sich als ein Wärmeträgerfluid für das Übertragen von Wärme von einer Primärseite zu einer Sekundärseite in einem Wärmetauscher, das Temperaturen $T \geq 1000^\circ\text{C}$ standhält und dabei frei verfügbar ist.

[0007] Wenn ein Wärmeträgerfluid für das Übertragen von Wärme von der Primärseite zu der Sekundärseite in einem Wärmetauscher auf ein weiteres Wärmeträgerfluid eingesetzt wird, besteht bei Undichtigkeiten des Wärmetauschers die Gefahr, dass sich die beiden Wärmeträgerfluide vermischen. Insbesondere wenn das eine Wärmeträgerfluid, wie z.B. Luft aufgrund des darin enthaltenen Sauerstoffs, ein Oxidationsmittel als Bestandteil hat und das weitere Wärmeträgerfluid, wie z.B. ein ORC-Arbeitsmittel, brennbare Bestandteile aufweist, besteht die Gefahr, dass unkontrollierte Verbrennungen oder gar Explosionen auftreten können, die eine Anlage beschädigen.

[0008] Um zu vermeiden, dass sich das Wärmeträgerfluid auf einer Primärseite eines Wärmetauschers mit dem Wärmeträgerfluid auf einer Sekundärseite des Wärmetauschers vermischen kann, ist es bekannt, die Wärmeträgerfluid-Kanäle in einem Wärmetauscher doppelwandig auszubilden. Der technische Aufwand für das Herstellen doppelwandiger Wärmetauscher ist allerdings hoch, da für die Herstellung Sonderapparate und Sondermaterialien erforderlich sind.

[0009] Darüber hinaus ist es bekannt, Anlagen mit Leitungen, in denen brennbare Gasgemische bei hohen Temperaturen geführt werden, explosionsdruckfest bzw. explosionsdruckstoßfest auszubilden, so dass diese auch bei Explosionen keinen Schaden nehmen. Die hierfür zu treffenden Maßnahmen sind allerdings aufwändig und haben zur Folge, dass viele Baugruppen und Elemente der Anlage für den Normalbetrieb überdimensioniert sind.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anlage anzugeben, in der Wärme betriebssicher aus einem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid übertragen werden kann, sowie ein Verfahren für den Betrieb einer Anlage bereitzustellen, in der Wärme aus einem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid übertragen wird, das Unfälle vermeidet.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Eine erfindungsgemäße Anlage weist eine Leitung für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid auf, in der ein Wärmetauscher für das Übertragen von Wärme aus dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid angeordnet ist. Der Wärmetauscher hat einen Wärmetauscher-Eingang, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid aus der Leitung in den Wärmetauscher zugeführt werden kann. Der Wärmetauscher weist einen Wärmetauscher-Ausgang auf, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers wieder in die Leitung gelangen kann. Die Anlage enthält eine Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid.

[0013] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass in einer Anlage, in der Wärme aus einem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid als ein weiteres Wärmeträgerfluid

übertragen wird, Leckagen in einem Wärmetauscher in Kauf genommen werden können, die dazu führen können, dass eine Explosionsatmosphäre entsteht, wenn eine Explosion durch kontrolliertes Verbrennen der Explosionsatmosphäre in der Anlage vermieden und/oder lokal begrenzt wird. Eine Idee der Erfindung ist es insbesondere, durch kontrolliertes Zünden und Oxidieren an einer Stelle oder an mehreren Stellen in einer Anlage zu vermeiden, dass sich ein explosionsfähiges Gasgemisch in der Anlage ansammelt und verbreitet.

[0014] Das brennbare Bestandteile enthaltende Fluid kann z.B. aus einer ORC-Anlage herrühren. Es kann aber zweckmäßig sein, die Anlage in weiteren Ausführungsvarianten zur Luftvorspülung eines Abgastraktes bei Verbrennungsmotoren, Gasturbinen, Thermischen Abluftreinigungsanlagen und dergleichen zu nutzen, insbesondere bei allen Anwendungen und Prozessen, bei denen unter Störeinflüssen ein brennbares oder explosives Stoffgemisch innerhalb von räumlich umgrenzten Apparaten, Behältern, Rohrleitungen und dergleichen auftreten kann.

[0015] Vorteilhaft weist die Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung eine Zündquelle zum Bereitstellen von Zündenergie auf, die eine, bevorzugt kontrollierte, Verbrennung von mit dem brennbaren Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid auslösen kann. Von Vorteil ist es, wenn die Zündquelle beim Betrieb der Anlage in einem Betriebszustand gehalten wird, der sichergestellt, dass jegliches zündfähige Gas, das in Kontakt mit der Zündquelle gerät, sofort gezündet wird.

[0016] Vorzugsweise ist die Zündquelle in der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid angeordnet, bevorzugt stromab des Wärmetauschers, d.h. in einem an den Wärmetauscher-Ausgang angeschlossenen Abschnitt der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid. Diese Maßnahme gewährleistet, dass das explosionsfähige Gas in der Anlage gezündet wird, kurz nachdem es sich darin ausgebildet hat.

[0017] Zweckmäßig weist die Zündquelle einen Körper mit einer Kontaktfläche zu dem oxidationsmittelhaltigen, gasförmigen Wärmeträgerfluid auf. Von Vorteil ist es, wenn die Zündquelle eine Heizeinrichtung für das Erhitzen des Körpers hat. Dadurch kann die Kontaktfläche auf eine vorgegebene Zündtemperatur erhitzt werden. Um eine sichere Zündung des Gemisches zu gewährleisten, ist es günstig, wenn der Körper bzw. die Kontaktfläche des Körpers zu jedem Zeitpunkt eine Temperatur erreichen, die oberhalb der Zündtemperatur eines Gemisches des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids und brennbare Bestandteile enthaltenden Fluids liegt.

[0018] Die Zündquelle kann eine Zündelektrode aufweisen, wie sie z.B. als ein Glühzünder bei Holzfeuerungen eingesetzt wird. Vorzugsweise ist der Körper ein Keramikkörper. Ein Keramikkörper kann dauerhaft hohen Temperaturen, also insbesondere Temperaturen oberhalb der Zündtemperatur standhalten. Damit ist er für einen Dauerbetrieb geeignet.

[0019] Bevorzugt enthält die Anlage einen Sensor für das Überwachen der Temperatur der Kontaktfläche des Körpers der Zündquelle. Zweckmäßig weist der Sensor wenigstens einen mit dem Körper der Zündquelle thermisch gekoppelten Thermofühler auf. Ein solcher Thermofühler ermöglicht das Überwachen der Zündquelle bzw. des Körpers der Zündquelle. Wenn die Temperatur einen Temperaturgrenzwert unterschreitet, kann dann z.B. ein Warnsignal ausgegeben werden.

[0020] Von Vorteil ist es, wenn der an den Wärmetauscher-Ausgang und/oder der an den Wärmetauscher-Eingang angeschlossene Abschnitt der Leitung für das oxidationsmittelhaltige, gasförmige Wärmeträgerfluid eine auf einen vorgegebenen Überdruck ansprechende Druckentlastungs-Einrichtung enthält. Indem die Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbaren Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung in einem von dem Wärmetauscher beabstandeten Abbrandabschnitt einen Abbrand einer brennbaren Gasatmosphäre in der Leitung bewirkt und die Druckentlastungs-Einrichtung für das Abbauen eines durch den Abbrand einer brennbaren Gasatmosphäre in dem Abbrandabschnitt hervorgerufenen Druckanstiegs ausgelegt ist, lässt sich erreichen, dass die Anlage beim Auslösen einer Verbrennung mittels der Zündquelle keinen Schaden nimmt.

[0021] Vorzugsweise gibt es in der Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbaren Bestandteile enthaltendem Fluid vermischem Wärmeträgerfluid Mittel, die zum Erfassen einer Zusammensetzung des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids nach dem Wärmetauscher-Ausgang für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid dienen.

[0022] Zweckmäßig enthält die Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbaren Bestandteile enthaltendem Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid eine Steuerbaugruppe, die für das Einstellen der Temperatur der Kontaktfläche in Abhängigkeit eines Signals des Sensors für das Überwachen der Temperatur ausgelegt ist. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Temperatur der Kontaktfläche mindestens der Zündtemperatur entspricht. Wenn der Sensor eine Temperatur unterhalb der Zündtemperatur erfasst, ist es zweckmäßig, an einer Schnittstelle zu einem Leitstand der Anlage ein Warn-Signal oder Notaus-Signal bereitzustellen.

[0023] Das brennbare Bestandteile enthaltende Fluid kann z.B. ein Rankine Cycle (RC) - Arbeitsmedium, insbesondere ein ORC-Arbeitsmedium sein. Indem das Arbeitsmedium in einem RC- bzw. ORC-Arbeitsmittelkreislauf geführt ist, der eine Dampfturbine sowie einen Kondensator und eine Pumpe enthält, kann Wärme aus dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid in mechanische Energie gewandelt werden, z.B. um diese in elektrische Energie umzusetzen.

[0024] Unter einem RC-System (RC = Rankine Cycle) ist vorliegend ein System zu verstehen, in dem mit einem

thermodynamischen Kreisprozess unter Verwendung eines in einem Kreislauf geführten Arbeitsmittels, z. B. Wasser bzw. Wasserdampf, Wärme in mechanische Energie gewandelt wird.

[0025] Unter einem ORC-System (ORC = Organic Rankine Cycle) ist vorliegend ein RC-System mit einem Arbeitsmittelkreislauf zu verstehen, der als Arbeitsmittel ein organisches Medium, z.B. Ethylbenzol, Pentan, Butan, Toluol, Silikonöl oder auch Ammoniak enthält, dessen Verdampfungstemperatur bei Atmosphärendruck niedriger sein kann als die Verdampfungstemperatur von Wasser. In einem ORC-System wird das Arbeitsmittel mit Druck beaufschlagt. In der Regel enthält das ORC-System hierfür eine Pumpe. Das mit Druck beaufschlagte Arbeitsmittel wird dann in einem Verdampfer erwärmt. Dabei wird das Arbeitsmittel verdampft bzw. überhitzt. Das verdampfte bzw. überhitzte Arbeitsmittel wird dann zu einer Dampfturbine geführt. Hier wird es unter Erzeugung von mechanischer Energie auf einen niedrigen Druck entspannt und anschließend kondensiert. In dem Arbeitsmittelkreislauf der ORC-Anlage wird das Arbeitsmittel dann wieder mit Druck beaufschlagt und erneut dem Verdampfer zugeführt, in dem es von neuem erwärmt und dann wieder verdampft wird. Es sei bemerkt, dass in einer ORC-Anlage als Arbeitsmittel auch Medien eingesetzt werden können, deren Verdampfungstemperatur höher ist als diejenige von Wasser. ORC-Anlagen können für das Erzeugen von mechanischer oder elektrischer Energie aus Wärme insbesondere dann vorteilhaft eingesetzt werden, wenn das zur Verfügung stehende Temperaturgefälle zwischen einer Wärmequelle und einer Wärmesenke zu niedrig ist, um eine Wärmekraftmaschine, etwa eine Turbine, mit Wasserdampf zu betreiben.

[0026] Von Vorteil ist es, wenn in der Leitung in einem an den Wärmetauscher-Eingang angeschlossenen Abschnitt der Leitung für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid ein Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher angeordnet ist, der für das Übertragen von Wärme aus dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein Wärmekraftmaschinen-Arbeitsmittel für eine Wärmekraftmaschine dient. Auf diese Weise kann die Wärme des Wärmeträgerfluids in der Leitung in Temperaturbereichen genutzt werden, in denen keine Wärme in dem Wärmetauscher ausgetauscht wird, weil die Gefahr besteht, dass das brennbare Bestandteile enthaltende Fluid Schaden nimmt. Die Wärmekraftmaschine kann z.B. ein Stirlingmotor sein.

[0027] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Betrieb einer Anlage mit einer Leitung für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher für das Übertragen von Wärme aus dem oxidationsmittelhaltigen, gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid angeordnet ist, damit das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid den Wärmetauscher von einem Wärmetauscher-Eingang für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid zu einem Wärmetauscher-Ausgang für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid durchströmen kann. Es erfolgt das Auslösen einer kontrollierten Verbrennung des oxidationsmittelhaltigen, gasförmigen Wärmeträgerfluids in der Leitung, wenn dieses mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischt ist.

[0028] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 eine Anlage für das Speichern von elektrischer Energie,

Fig. 2 einen Abschnitt einer Leitung mit einem Wärmetauscher und mit einer Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung in der Anlage,

Fig. 3 einen Querschnitt der Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung in der Anlage entlang der Linie III - III aus Fig. 2;

Fig. 4 einen perspektivischen Längsschnitt der Leitung entlang der Linie IV - IV aus Fig. 3; und

Fig. 5 eine Steuerbaugruppe für das Einstellen der Temperatur der Kontaktfläche von Zündquellen in der Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung.

[0030] Die in der Fig. 1 gezeigte Anlage 10 dient für das Speichern von elektrischer Energie, die z.B. mittels einer Windkraftanlage erzeugt ist. Die Anlage 10 enthält ein Leitungssystem 12 mit einem ersten Leitungszweig 13, in dem eine Heizeinrichtung 14 angeordnet ist, und mit einem zweiten Leitungszweig 15, in dem sich ein Wärmespeicher 16 befindet. Der Wärmespeicher 16 ist für das Aufnehmen einer Wärmemenge Q ausgelegt. In der Anlage 10 gibt es eine Leitung 18, die mit dem Leitungssystem 12 kommuniziert. Das Leitungssystem 18 enthält Heißluftleitungen, die als innenisolierte Kanäle, z.B. Rechteckkanäle ausgebildet sind. Die Innenisolierung besteht vorzugsweise aus einem verdichteten Fasermaterial, z.B. in Form von Matten. Diese Matten sind elastisch und können verformt werden.

[0031] In der Leitung 18 ist ein Wärmetauscher 20 angeordnet, der für das Übertragen von Wärme aus einem in dem Leitungssystem 12 und in der damit kommunizierenden Leitung 18 geführten Wärmeträgerfluid auf das Arbeitsmittel in einem ORC-System 22 dient. Das in dem Leitungssystem 12 und in der Leitung 18 geführte Wärmeträgerfluid ist Luft.

Das Wärmeträgerfluid ist damit gasförmig und aufgrund des Sauerstoffs in der Luft insbesondere oxidationsmittelhaltig. Das Wärmeträgerfluid in dem Leitungssystem 12 kann in der Heizeinrichtung 14 mit elektrischem Strom aufgeheizt werden. Indem mittels der Heizeinrichtung 14 aufgeheiztes Wärmeträgerfluid durch den Wärmespeicher 16 geführt wird, ist es möglich, darin enthaltene Wärme an den Wärmespeicher 16 abzugeben. Die Anlage 10 enthält eine als ein Stirlingmotor ausgebildete Wärmekraftmaschine 24 und weist einen Wärmekraftmaschine-Wärmetauscher 26 auf. In der Anlage 10 kann Wärme aus dem Wärmeträgerfluid in dem Leitungssystem 12 und der damit kommunizierenden Leitung 18 mittels des StirlingmotorWärmetauschers 26 auf ein Arbeitsmittel der Wärmekraftmaschine 24 übertragen werden. In der Anlage 10 gibt es ein Wärmeträgerfluid-Gebläse 28, das für das Fördern des Wärmeträgerfluids durch das Leitungssystem 12 und Leitungssystem 18 dient. Die Anlage 10 hat eine erste Bypassleitung 30, durch die Wärmeträgerfluid an dem Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26 vorbei in die Leitung 18 geführt werden kann. Darüber hinaus gibt es in der Anlage eine Rezirkulationsleitung 32 mit einer Rezirkulations-Wärmeträgerfluid-Fördergebläse 34, die es ermöglicht, durch den Wärmetauscher 20 geführtes Wärmeträgerfluid in einen zwischen dem Wärmetauscher 20 und dem Stirlingmotor-Wärmetauscher 26 angeordneten Abschnitt der Leitung 18 zurückzuführen.

[0032] Das ORC-System 22 weist einen Verdampfer 36 auf und hat einen Kondensator 38. Der Verdampfer 36 ist mit Wärme gespeist, die mittels des Wärmetauschers 20 aus dem Wärmeträgerfluid in dem Leitungssystem 12 auf das Arbeitsmittel in dem ORC-System 22 übertragen wird. Der Kondensator 38 in dem ORC-System 22 überträgt die Kondensationswärme des Arbeitsmittels auf das Wärmeträgerfluid. Das Arbeitsmittel in dem ORC-System 22 enthält brennbare Bestandteile. Z.B. kann das Arbeitsmittel Ethylbenzol sein. In dem ORC-System 22 gibt es eine Arbeitsmittelpumpe 40, die das in dem Kondensator 38 kondensierte Arbeitsmittel in einem Arbeitsmittelkreislauf 42 zu dem Verdampfer 36 bewegt. Das ORC-System 22 weist eine als Turbine 44 ausgebildete Kraftmaschine auf, die auf ihrer Druckseite dampfförmiges Arbeitsmittel aus dem Verdampfer 36 erhält. Das in der Turbine 44 entspannte Arbeitsmittel in dem ORC-System wird dem Kondensator 38 durch einen Wärmetauscher 46 zugeführt. In dem Wärmetauscher 46 wird auf das mittels des Kompressors 40 aus dem Kondensator 38 in den Wärmetauscher 20 geförderte Arbeitsmittel Wärme aus dem in der Turbine 44 entspannten Arbeitsmittel übertragen. Die Turbine 44 in dem ORC-System 22 dient als ein Antrieb für einen Generator 47, der hier für eine elektrische Leistung $P_{EL} \approx 50 \text{ kW}$ ausgelegt ist. Damit die Strömung des in der Anlage 10 mittels der Wärmeträgerfluid-Gebläse 28 geförderten Wärmeträgerfluids durch den ersten Leitungszweig 13, den zweiten Leitungszweig 15 und die Leitung 18 eingestellt werden kann, gibt es in dem Leitungssystem 12 und in der Bypassleitung 30 mehrere Durchflusssteuermittel 48.

[0033] Die Fig. 2 zeigt einen Abschnitt der Leitung 18 mit dem Wärmetauscher 20. Die Leitung 18 ist eine Rohrleitung mit einer Rohrleitungsachse 49, die einen zu der Rohrleitungsachse 49 senkrechten kreisförmigen Leitungsquerschnitt hat. Die Leitung 18 kann z.B. ein außenisoliertes, rundes Stahlrohr sein.

[0034] Der Wärmetauscher 20 weist einen Wärmetauscher-Eingang 50 auf, durch den das Wärmeträgerfluid aus der Leitung 18 in der Richtung des Pfeils 19 in den Wärmetauscher 20 zugeführt werden kann. Der Wärmetauscher 20 hat einen Wärmetauscher-Ausgang 52, durch den das Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers 20 wieder in die Leitung 18 gelangt, in der es in der Richtung des Pfeils 21 strömt.

[0035] Das in dem ORC-System 22 durch den Arbeitsmittelkreislauf 42 zirkulierende Arbeitsmittel mit den darin enthaltenen brennbaren Bestandteilen hat gegenüber dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid in dem Wärmetauscher 20 während des Anlagenbetriebs einen Überdruck. Der Überdruck bewirkt, dass bei einer Leckage des Wärmetauschers 20 das Wärmeträgerfluid in der Anlage 10 nicht in den Arbeitsmittelkreislauf 42 des ORC-Systems 22 gelangen kann. Aufgrund des Überdrucks des Arbeitsmittels des ORC-Systems 22 besteht allerdings grundsätzlich die Möglichkeit, dass Arbeitsmittel des ORC-Systems 22 in die Leitung 18 und das Leitungssystem 12 der Anlage 10 eintreten kann, wenn in dem Wärmetauscher 20 eine Leckage an einer Leckagestelle 54 auftritt.

[0036] Wenn brennbare Bestandteile enthaltendes Arbeitsmittel des ORC-Systems 22 sich mit oxidationsmittelhaltigem gasförmigem Wärmeträgerfluid in der Anlage 10 vermischt, besteht die Gefahr, dass in der Leitung 18 und in dem Leitungssystem 12 der Anlage 10 eine brennbare Gasatmosphäre entsteht, die sich, gegebenenfalls selbst, entzünden oder gar explodieren kann.

[0037] Um zu vermeiden, dass sich beim Auftreten einer Leckage in dem Wärmetauscher 20 in der Anlage aus dem Wärmetauscher 20 in die Leitung 18 eine brennbare Gasatmosphäre 56 ausbreitet, enthält die Anlage 10 eine Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbaren Bestandteile enthaltenden Fluid vermishtem Wärmeträgerfluid in der Leitung 18, die in der Richtung des Pfeils 21 im Abstand A von der Einrichtung in einem Abbrandabschnitt 60 einen Abbrand der brennbaren Gasatmosphäre in der Leitung 18 bewirkt. Der Abstand A ist möglichst klein, aber so groß gewählt, dass eine Durchmischung von oxidationsmittelhaltigem Medium und brennbarem Medium gewährleistet ist.

[0038] Die Fig. 3 ist ein Querschnitt der Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung in der Anlage 10 entlang der Linie III - III aus Fig. 2. In der Fig. 4 ist ein perspektivischer Längsschnitt der Leitung entlang der Linie IV - IV aus Fig. 3 gezeigt.

[0039] Die Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung in der Anlage 10 weist eine erste Zündquelle 62, eine zweite Zündquelle 64 und eine dritte Zündquelle 66 auf, die jeweils an einem an der Rohrleitungswand 65 festgelegten, in das Innere der Leitung 18 ragenden Stutzen 67 aufgenommen ist. Der die jeweilige Zündquelle 62, 64, 66 aufnehmende

Stutzen ist eine gasdichte Zündquellen-Haltevorrichtung, die sicherstellt, dass das gasförmige Wärmeträgerfluid aus dem Inneren der Leitung 18 an dem Stutzen nicht nach außen gelangen kann.

[0040] Eine jede Zündquelle 62, 64, 66 hat eine Zündelektrode 68 mit einem in die Leitung 18 ragenden zylindrischen Körper aus einer Keramik, der eine Kontaktfläche 70 zu dem in der Leitung strömenden Wärmeträgerfluid hat. In der Zündelektrode 68 befindet sich eine Zündelektroden-Heizeinrichtung 72 und ein mit dem zylindrischen Körper thermisch gekoppelter Thermofühler 74. Die Zündelektroden-Heizeinrichtung 72 und der Thermofühler 74 sind die an elektrische Leitungen 75 angeschlossen, die in dem die jeweilige Zündquelle 62, 64, 66 aufnehmenden Stutzen 67 verlaufen. Die Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 hat die technische Funktion eines Glühlements, das eine brennbare Gasatmosphäre in seiner Umgebung entzünden kann.

[0041] Die Zündquellen 62, 64, 66 ragen in der Richtung der Zylinderachse 76 ihrer Zündelektrode 68 in das Innere der als eine Rohrleitung ausgebildeten Leitung 18. Die Zylinderachsen 76 der Zündelektroden 68 der Zündquellen 62, 64, 66 haben einen auf der Rohrleitungsachse 49 liegenden gemeinsamen Schnittpunkt und liegen in einer zu der Rohrleitungsachse 49 senkrechten Ebene. Dabei schließen die Zylinderachsen 76 zueinander benachbarter Zündquellen 62, 64, 66 den Winkel $\alpha = 120^\circ$ ein. Die Zylinderachse 76 durchsetzt in der Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 den Flächenschwerpunkt 78, 80, 82 eines Querschnittsflächen-Kreissegments 84, 86, 88 der Leitung 18, das den Segmentwinkel $\alpha_{84} = \alpha_{86} = \alpha_{88} = 120^\circ$ hat. Damit ist sichergestellt, dass die Zündquellen 62, 64, 66 für das durch die Leitung 18 strömende gasförmige Wärmeträgerfluid keinen übermäßigen Strömungswiderstand erzeugen. Hier wird eine freie Durchströmung des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids ermöglicht.

[0042] Eine jede Zündquelle 62, 64, 66 ist auf ihrer der Strömungsrichtung für das Wärmeträgerfluid in der Leitung 18 zugewandten Seite durch ein als ein Lochblech ausgebildetes Abschirmelement 90 gegen die Anströmung in der Richtung des Pfeils 21 geschützt. Damit wird erreicht, dass ein eventuell vorhandenes zündfähiges Gemisch in direkten Kontakt mit den Zündquellen 62, 64, 66 kommt und so gezündet wird. Die Zündelektrode 68 einer Zündquelle berührt das Abschirmelement 90 nicht.

[0043] Das Umströmen der Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 mit oxidationsmittelhaltigem gasförmigem Wärmeträgerfluid ruft eine fortlaufende Kühlung der Kontaktfläche hervor. Um zu gewährleisten, dass hier die Temperatur der Kontaktfläche 70 nicht unterhalb der Zündtemperatur T_z sinkt, muss die Zündelektroden-Heizeinrichtung 72 eine entsprechend hohe Heizleistung für das Aufheizen der Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 ermöglichen.

[0044] Das einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 in der Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung in der Anlage 10 zugeordnete Abschirmelement 90 erhöht die Verweildauer für das in der Leitung 18 geführte Wärmeträgerfluid, da es die Strömungsgeschwindigkeit für das Wärmeträgerfluid lokal verringert. Die Folge ist, dass sich bei einem gegebenen Wärmeeintrag aus der Zündelektrode 68 in das Wärmeträgerfluid über die Kontaktfläche 70 die Temperatur des Wärmeträgerfluids im Bereich der Kontaktfläche erhöht. Mittels der Abschirmelemente 90 wird also ermöglicht, durch Aufheizen der Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 ein Zünden von mit den brennbaren Bestandteilen des ORC-Arbeitsmittels versetztem Wärmeträgerfluid bei einer Zündtemperatur T_z der Kontaktfläche 70 zu bewirken, die geringer ist als die hierfür erforderliche Zündtemperatur T_z der Kontaktfläche 70 ohne das Abschirmen mittels eines Abschirmelements.

[0045] Das Abschirmelement 90 ist an dem die jeweilige Zündquelle 62, 64, 66 aufnehmenden Stutzen 67 festgelegt. Das Abschirmelement 90 hat die Form eines halbzylindrischen Rohrs mit einer Zylinderachse, die mit der Zylinderachse 76 der Zündelektrode 68 zusammenfällt. Das Abschirmelement 90 ist über die gesamte Länge der Zündelektrode 68 einer Zündquelle 62, 64, 66 in der Richtung der Zylinderachse 76 des Körpers 68 und darüber hinaus erstreckt. Es hat einen Radius R, der in etwa dem Durchmesser D einer Zündelektrode 68 entspricht. Das Abschirmelement 90 umgreift eine Zündelektrode 68 radial auf einem Bogenwinkel $\beta = 180^\circ$. Das Abschirmelement 90 hat zu einer Zylinderachse 76 des Körpers parallele Kanten, die in einer gemeinsamen zu der Rohrleitungsachse 49 senkrechten Querschnittsebene der Leitung 18 liegen.

[0046] Das Abschirmelement 90 hat eine Vielzahl von Öffnungen und bewirkt das Abschirmen der Zündelektrode 68 einer Zündquelle 62, 64, 66 gegen direktes Anströmen mit gasförmigem Wärmeträgerfluid. Aufgrund der Öffnungen im Abschirmelement 90 kann aber ein mögliches zündfähiges Gemisch in der Leitung 18 die Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 erreichen und damit zur Zündung gebracht werden.

[0047] Die Zündelektroden-Heizeinrichtung 72 in der Zündelektrode 68 einer jeden Zündquelle 62, 64, 66 ermöglicht, die Temperatur T der Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 auf eine für das Entzünden eines Gasgemisches in der Leitung 18 erforderliche Zündtemperatur T_z so anzupassen, dass gilt:

$$T \gg T_z$$

[0048] Vorliegend beträgt die Zündtemperatur T_z des ORC-Arbeitsmittels Ethylbenzol

$$T_z \approx 430^\circ\text{C}$$

[0049] Indem sichergestellt wird, dass für die Temperatur T der Kontaktfläche 70 des Körpers 68 gilt:

$$T \approx 900^\circ\text{C}$$

lässt sich erreichen, dass in der Leitung 18 mit dem ORC-Arbeitsmittel Ethylbenzol versetztes oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid an den Zündquellen 62, 64, 66 entzündet werden kann.

[0050] Wenn in Folge einer Leckage in dem Wärmetauscher 20 in der Leitung 18 in einem an den Wärmetauscher-Ausgang 52 angeschlossenen Abschnitt eine brennbare Gasatmosphäre entsteht, umströmt diese zumindest teilweise die Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 der Zündquellen 62, 64, 66. Weil die Temperatur T einer Kontaktfläche 70 die Zündtemperatur T_z übersteigt, wird die Gasatmosphäre hier entzündet und dann in dem in Abbrandabschnitt 60 der Leitung 18 abgebrannt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass brennbare Bestandteile aus dem Wärmeträgerfluid in der Leitung 18 und in dem Leitungssystem 12 beseitigt werden.

[0051] Da sich beim Zünden einer Gasatmosphäre in der Leitung 18 eine lokale Volumenerweiterung und infolgedessen eine Druckerhöhung ergibt, weist die Leitung 18 in den an den Wärmetauscher-Ausgang 52 und den Wärmetauscher-Eingang 50 angeschlossenen Abschnitten eine Druckentlastungs-Einrichtung 92 mit einer Öffnung 94 in der Rohrleitungswand 65 gasdicht abdichtende Berstscheibe 96 auf. Die Druckentlastungs-Einrichtung 92 ist eine Überdruckabsicherung und spricht auf einen vorgegebenen Überdruck in der Leitung 18 an. Bei einer Druckerhöhung in dem an den Wärmetauscher-Eingang 50 bzw. den Wärmetauscher-Ausgang 52 angeschlossenen Abschnitt der Leitung 18, die einen Überdruck-Schwellwert übersteigt, der z.B. 100 mbar betragen kann, wird die Berstscheibe 96 zerstört und damit die Öffnung 94 in der Rohrleitungswand 65 zu einer Abfuhrleitung 98 freigegeben. Damit wird erreicht, dass Baugruppen und Elemente 10 in dem Rohrleitungssystem 12 und der Leitung 18 der Anlage 10 keine übermäßige mechanische Belastung erfahren, wenn in dem an den Wärmetauscher-Ausgang 52 angeschlossenen Abschnitt der Leitung 18 eine Gasatmosphäre entzündet wird.

[0052] Derjenige Abschnitt der Leitung 18 des Leitungssystems 12, der die Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung enthält und der zwischen den Einrichtungen zur Druckentlastung 92 angeordnet ist, die sich in der dem Pfeil 19 entsprechenden Strömungsrichtung für das Wärmeträgerfluid gesehen zum einen vor dem Wärmetauscher-Eingang 50 und zum anderen hinter dem Wärmetauscher-Ausgang 52 des Wärmetauschers 20 befindet, ist deshalb derart ausgelegt, dass sie eine der durch Explosionen, Verbrennungen oder Verpuffungen hervorgerufenen mechanischen Belastung aufgrund von Überdruck-Druckstößen standhalten ohne Schaden zu nehmen, wenn der Überdruck dp der Druckstöße einen Wert von beispielsweise $dp = 200\text{mbar}$ nicht übersteigt.

[0053] So wird ein Explosionsbereich geschaffen, der die Zündeinrichtung 58, den Abbrandabschnitt 60, den Wärmetauscher 20 sowie den vorstehend angegebenen Abschnitt der Leitung 18 des Leitungssystems 12 enthält. Werden aufgrund einer Explosion die Berstscheiben 96 in den Einrichtungen zur Druckentlastung 92 zerstört, werden durch die dann freigesetzten Öffnungen 94 Verbrennungsgase abgelassen, so dass diese sich nicht in der Anlage 10 ausbreiten können.

[0054] Die entzündete Gasatmosphäre kann durch die Öffnungen 94 aus der Leitung 18 austreten und durch die Abfuhrleitung 98 z.B. über einem Hallendach freigesetzt werden. Bevorzugt ist der Auslass einer Abfuhrleitung 98 derart angeordnet, dass in einem Umkreis von etwa 6 m eine, insbesondere geradlinig aus der Abfuhrleitung austretende Stichflamme, austreten kann, ohne dass hierdurch Gegenstände in der Nähe des Auslasses entzündet werden.

[0055] Von Vorteil ist es, wenn der Auslass der Austrittsleitung gegen das Eindringen von Regenwasser, Schnee oder dergleichen geschützt ist, beispielsweise durch ein Ventil, eine Kappe, einen Verschluss, oder dergleichen. Zu bemerken ist, dass eine solche Druckentlastungs-Einrichtung 92 in der Anlage 10 auch in anderen Abschnitten der Anlage 10 vorgesehen sein kann, z.B. in der Rezirkulationsleitung 32.

[0056] Die Fig. 5 zeigt eine Steuerbaugruppe 100 mit den Zündquellen der Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung. Die Steuerbaugruppe 100 dient für das Einstellen einer Zündtemperatur T_z an der Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 der Zündquellen 62, 64, 66. Die Heizeinrichtung 74 in den Zündelektroden 68 wird mit elektrischen Strom z.B. aus einem Transformator 102 oder einem Thyristor betrieben, der aus einer Niederspannungs-Unterversorgung gespeist ist. Die Zündelektroden-Heizeinrichtungen 72 der Zündquellen 62, 64, 66 sind zueinander parallel geschaltet. Die Temperatur T an der Kontaktfläche 70 der Zündelektrode 68 der Zündquellen 62, 64, 66 wird mittels eines Thermofühlers 74 überwacht. Der Thermofühler 74 misst die Temperatur der Kontaktfläche 70 des Körpers einer Zündelektrode 68. Der Thermofühler 74 ist in dem Körper einer Zündelektrode 68 angeordnet. Alternativ hierzu kann der Thermofühler 74 auf die Kontaktfläche 70 aufgebracht sein. Zu bemerken ist, dass die Temperatur an der Kontaktfläche 70 des Körpers einer Zündelektrode 68 bis zu 1300°C betragen kann.

[0057] Die Messsignale der Thermofühler 74 werden der Steuerbaugruppe 100 zugeführt und dort in Temperatur-Werte

gewandelt. Die Steuerbaugruppe 100 überwacht diese Temperatur-Werte und vergleicht sie mit einer vorgegebenen Mindesttemperatur $T_{\min}$, die z.B. etwa 900 °C betragen kann.

[0058] Die Steuerbaugruppe 100 ist dazu eingerichtet, für einen Leitstand der Anlage 10 an einer Schnittstelle 104 ein Warn-Signal und an einer Schnittstelle 106 ein Notaus-Signal bereitzustellen. Das Warn-Signal wird bereitgestellt, wenn die Messsignale eines der den Zündquellen 62, 64, 66 zugeordneten Thermofühlers Temperatur-Werten entsprechen, welche die vorgegebenen Mindesttemperatur $T_{\min}$ unterschreiten. Das Warn-Signal trägt die Information, dass die Funktion der Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung 18 beeinträchtigt ist.

[0059] Das Not-Aus-Signal wird an der Schnittstelle 104 bereitgestellt, wenn zwei der den Zündquellen 62, 64, 66 zugeordneten Thermofühler Temperatur-Werte erfassen, welche die vorgegebenen Mindesttemperatur $T_{\min}$ unterschreiten. Mittels des Notaus-Signals kann die Anlage 10 in einen Betriebszustand versetzt werden, in dem eine Ausbreitung eines eventuell vorhandenen zündfähigen Gemisches über das Leitungssystem 12 der Anlage 10 vermieden wird.

[0060] Insbesondere wird eine Ausbreitung zu den heißen Teilen der Anlage 14 sowie 16 unterbunden. Dies erfolgt durch Abschalten des Wärmeträgerfluid-Gebläses 28 und des Rezirkulations-Wärmeträgerfluid-Fördergebläse 34 sowie durch Schließen von Schnellschlussklappen 51, welche die Durchströmung des Wärmetauschers 20 mit Wärmeträgerfluid beenden. Dieser Not-Aus-Betriebszustand wird z.B. beendet, wenn das Not-Aus-Signal 104 nicht mehr anliegt und ein Dichttest des Wärmetauschers 20, beispielsweise durch Evakuierung, erfolgt ist und vorzugsweise keine Leckage festgestellt wird.

[0061] Zu bemerken ist, dass in einer ersten alternativen Ausführungsform der Anlage 10 die Steuerbaugruppe 100 dazu ausgelegt sein kann, die Heizeinrichtungen 74 in den Zündelektroden 68 auf einen vorgegebenen Temperaturwert in Abhängigkeit der mittels eines Thermofühlers 74 erfassten Temperatur zu regeln.

[0062] Darüber hinaus ist zu bemerken, dass in einer zweiten alternativen Ausführungsform der Anlage 10 die Steuerbaugruppe 100 dazu ausgelegt sein kann, Messsignale einer Einrichtung mit Sensoren für das Erfassen der chemischen Zusammensetzung des Wärmeträgerfluids in dem an den Wärmetauscher-Ausgang 52 angeschlossenen Abschnitt der Leitung 18 zu erhalten und auszuwerten, um die Heizeinrichtungen 74 in den Zündelektroden 68 für eine Zündtemperatur einzustellen, die an die chemische Zusammensetzung des Wärmeträgerfluids in der Anlage 10 angepasst ist.

[0063] Die vorstehend beschriebene Anlage 10 kann wenigstens drei Betriebszustände einnehmen:

Erster Betriebszustand

[0064] In einem ersten Betriebszustand wird der Wärmespeicher 16 mit Wärme beladen. Hier strömt das mittels der Heizeinrichtung 14 erwärmte Wärmeträgerfluid mit einem Massenstrom m durch den Wärmespeicher 16. Die Heizeinrichtung 14 erwärmt hier das Wärmeträgerfluid von einer Temperatur T_u auf eine Temperatur T_o , wobei z.B. gilt:

$$0^\circ \leq T_u \leq 350^\circ\text{C}, \text{ vorzugsweise } T_u \approx 270^\circ\text{C}$$

und

$$500^\circ\text{C} \leq T_o \leq 1500^\circ\text{C}, \text{ vorzugsweise } T_o \approx 1000^\circ\text{C}.$$

[0065] Beim Durchströmen des Wärmeträgerfluids durch die Heizeinrichtung 14 entsteht ein Druckverlust von Δp .

[0066] Nach dem Durchströmen des Wärmeträgerfluids durch die Heizeinrichtung 14 führt das Leitungssystem 12 das Wärmeträgerfluid zu dem Wärmespeicher 16. Bei dieser Zuführung von der Heizeinrichtung 14 zum Wärmespeicher 16 verliert das Wärmeträgerfluid Energie, was sich in einer Temperaturreduktion ΔT des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids äußert. Durch die Abgabe von Wärme von dem Wärmeträgerfluid auf den Wärmespeicher 16 wird dieser beladen. Aufgrund der vom Wärmeträgerfluid an den Wärmespeicher 16 abgegebene Wärme sinkt dessen Temperatur T nach Durchströmen des Wärmespeichers auf $T \approx 260^\circ\text{C}$. Beim Durchströmen des Wärmeträgerfluids durch den Wärmespeicher 16 erfährt das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid einen Druckverlust Δp .

[0067] Bei der Zuführung des Wärmeträgerfluids aus dem Wärmespeicher 16 durch das Wärmeträgerfluid-Gebläse 28 an die Heizeinrichtung 14 wird von dem Wärmeträgerfluid Strömungsarbeit aufgenommen, was sich in einer Temperaturreduktion ΔT des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids äußert. Das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid tritt dann mit einer reduzierten Temperatur wieder in die Heizeinrichtung 14 ein. Der Kreislauf beginnt nun von vorn, bis der Wärmespeicher 16 die gewünschte Wärmemenge Q aufgenommen hat.

Zweiter Betriebszustand

[0068] In einem zweiten Betriebszustand wird aus dem Wärmespeicher 16 Wärme entnommen, d.h. der Wärmespeicher 16 wird entladen.

[0069] Hier wird in der Anlage 10 aus dem Wärmespeicher 16 Wärme entnommen, um diese in elektrische Energie umzuwandeln. In dem zweiten Betriebszustand werden die Strömungswege für das Wärmeträgerfluid in dem Leitungssystem 12 so eingestellt, dass Wärmeträgerfluid aus dem Wärmespeicher 16 mit einer Temperatur T mit $600\text{ °C} \leq T \leq 975\text{ °C}$ und mit einem Massenstrom $m \approx 0,4\text{ kg/s}$ zunächst durch den Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26 und dann durch den Wärmetauscher 20 gelangt. Der Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26 erhält das Wärmeträgerfluid aufgrund der Rohrleitungswärmeverluste im Leitungssystem 18 mit einer Temperatur $T \approx 950\text{ °C}$. Für den Betrieb des Stirlingmotors wird dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid Wärme mit einer Wärmemengen-Rate $\dot{Q} \approx 30\text{ kW}$ entzogen, was dann in einem Temperaturabfall dT des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid von $dT \approx 150\text{ K}$ resultiert. Das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid hat deshalb stromab des Wärmekraftmaschinen-Wärmetauschers 26 eine Temperatur $T \approx 800\text{ °C}$. Bei diesem Betriebszustand liefert der Stirlingmotor eine elektrische Leistung $P_{el} \approx 7,5\text{ kW}$. Hierbei wird ein Massenstrom des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid von etwa $0,2\text{ kg/s}$ genutzt.

[0070] Optional kann der Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26 mit der Bypassleitung 30 teilweise oder vollständig umgangen werden. Die Bypassleitung 30 wird über ein Schließventil 48 freigeschaltet oder unterbrochen. In der Anlage 10 strömt etwa die Hälfte, also etwa $0,2\text{ kg/s}$ des Massenstroms m des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids durch die Bypassleitung 32 und umgeht damit den Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26, die andere Hälfte wird der Wärmekraftmaschine 24 über den Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher 26 zugeführt. Je nach gewünschtem Betriebspunkt der Wärmekraftmaschine 24 und/oder Wärmekraftmaschine 22 kann durch die Bypassleitung 30 bzw. das Schließventil 48 und das Wärmeträgerfluid-Gebläse 28 der Massenstrom so eingestellt werden, dass der entsprechend notwendige Enthalpiestrom des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids vorhanden ist.

[0071] Durch die Rezirkulationsleitung 32 kann ein Teil, insbesondere zwischen 0% und 100%, bevorzugt zwischen etwa 20% und etwa 80% des Gesamtmassenstroms m des aus dem Wärmetauscher 20 austretenden, bereits abgekühlten oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids dem Wärmetauscher 20 erneut zugeführt werden. Dadurch kann die Eingangstemperatur des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids an dem Wärmetauscher-Eingang 50 reguliert werden.

[0072] Der nicht durch die Rezirkulationsleitung 32 strömende Anteil des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids hat vorliegend eine Temperatur von etwa 200 °C und wird über die Wärmeträgerfluid-Gebläse 28 zu dem Wärmespeicher 16 zurückbewegt. Der Kreislauf beginnt nun von vorn, bis der Wärmespeicher 16 die gewünschte Wärmemenge Q abgegeben hat.

[0073] In dem zweiten Betriebszustand wird beim Anfahren des ORC-Systems 22 in der Anlage 10 vorzugsweise aus Sicherheitsgründen geprüft, ob die Zündelektroden 68 der Zündquellen 62, 64, 66 ordnungsgemäß funktionieren. Hierfür werden in der Steuerbaugruppe 100 die Temperatur-Werte der Thermofühler 74 überwacht. Wird bei nur einer der drei Zündquellen eine fehlerhafte Funktion festgestellt, so wird an den Leitstand der Anlage 10 bevorzugt eine Fehlermeldung ausgegeben.

Dritter Betriebszustand

[0074] In einem dritten Betriebszustand steht die Anlage still. Hier sind die Durchflusssteuereinrichtungen 48, d.h. Klappen, Schließventile und dergleichen geschlossen, damit möglichst wenig Wärme aus der Anlage 10, insbesondere aus dem Wärmespeicher 16 entweichen kann. Es kann zweckmäßig sein, dass einzelne Durchflusssteuereinrichtungen 48 geöffnet sind, um ein Auslaufen der Wärmeträgerfluid-Gebläse 28 zu ermöglichen. In dem dritten Betriebszustand wird die Anlage 10 günstigerweise dann betrieben, wenn dem Wärmespeicher 16 weder Energie zugeführt noch aus dem Wärmespeicher 16 Energie abgeführt werden soll.

[0075] Zusammenfassend sind insbesondere folgende bevorzugte Merkmale der Erfindung festzuhalten: Eine Anlage weist eine Leitung 18 für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid auf, in der ein Wärmetauscher 20 für das Austauschen von Wärme zwischen dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid und einem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid angeordnet ist. Der Wärmetauscher 20 hat einen Wärmetauscher-Eingang 50, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid aus der Leitung 18 in den Wärmetauscher 20 zugeführt werden kann. Der Wärmetauscher 20 weist einen Wärmetauscher-Ausgang 52 auf, durch den das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers 20 wieder in die Leitung 18 gelangen kann. Die Anlage enthält eine Einrichtung 58 für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung 18 für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid.

Bezugszeichenliste

[0076]

5	10	Anlage
	12	Leitungssystem
	13	erster Leitungszweig
	14	Heizeinrichtung
	15	zweiter Leitungszweig
10	16	Wärmespeicher
	18	Leitung
	20	Wärmetauscher
	22	ORC-System
	24	Wärmekraftmaschine
15	26	Wärmekraftmaschine-Wärmetauscher
	28	Wärmeträgerfluid-Gebläse
	30	Bypassleitung
	32	Rezirkulationsleitung
	34	Rezirkulations-Wärmeträgerfluid-Fördergebläse
20	36	Verdampfer
	38	Kondensator
	40	Arbeitsmittelpumpe
	42	Arbeitsmittelkreislauf
	44	Turbine
25	46	Gegenstrom-Wärmetauscher
	47	Generator
	48	Durchflusssteuermittel
	49	Rohrleitungsachse
	50	Wärmetauscher-Eingang
30	51	Schnellschlussklappe
	52	Wärmetauscher-Ausgang
	54	Leckagestelle
	56	Gasatmosphäre
	58	Einrichtung für das Auslösen einer Verbrennung
35	60	Abbrandabschnitt
	62	erste Zündquelle
	64	zweite Zündquelle
	66	dritte Zündquelle
	65	Rohrleitungswand
40	67	Stutzen
	68	Zündelektrode
	70	Kontaktfläche
	72	Zündelektroden-Heizeinrichtung
	74	Thermofühler
45	75	elektrische Leitungen
	76	Zylinderachse
	78, 80, 82	Flächenschwerpunkt
	90	Abschirmelement
	92	Druckentlastungs-Einrichtung
50	94	Öffnung
	96	Berstscheibe
	98	Abfuhrleitung
	100	Steuerbaugruppe
	102	Transformator
55	104, 106	Schnittstelle

Patentansprüche

- 5 1. Anlage (10) mit einer Leitung (18) für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher (20) für das Austauschen von Wärme zwischen dem Wärmeträgerfluid und einem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid angeordnet ist, der einen Wärmetauscher-Eingang (50) hat, durch den das Wärmeträgerfluid aus der Leitung (18) in den Wärmetauscher (20) zugeführt werden kann, und der einen Wärmetauscher-Ausgang (52) hat, durch den das Wärmeträgerfluid nach Durchströmen des Wärmetauschers (20) wieder in die Leitung (18) gelangen kann,
gekennzeichnet durch
10 eine Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung (18).
- 15 2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung eine Zündquelle (62, 64, 66) zum Bereitstellen von Zündenergie aufweist.
3. Anlage nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündquelle (62, 64, 66) in einem an den Wärmetauscher-Ausgang (52) angeschlossenen Abschnitt der Leitung (18) angeordnet ist.
- 20 4. Anlage nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zündquelle (62, 64, 66) einen Körper mit einer Kontaktfläche (70) zu dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid aufweist und eine Heizeinrichtung (72) für das Erhitzen des Körpers (68) hat, um die Kontaktfläche (70) auf eine vorgegebene Zündtemperatur zu erhitzen.
- 25 5. Anlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Körper ein Keramikkörper ist.
6. Anlage nach Anspruch 4 oder 5, **gekennzeichnet durch** einen Sensor für das Überwachen der Temperatur der Kontaktfläche (70) des Körpers der Zündquelle (62, 64, 66).
- 30 7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor wenigstens einen mit dem Körper der Zündquelle (62, 64, 66) thermisch gekoppelten Thermofühler (74) aufweist.
- 35 8. Anlage nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltendem Fluid vermischem Wärmeträgerfluid Mittel zum Erfassen einer Zusammensetzung des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids nach dem Wärmetauscher-Ausgang (52) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid hat.
- 40 9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltendem Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung (18) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid eine Steuerbaugruppe (100) enthält, die für das Einstellen der Temperatur der Kontaktfläche (70) in Abhängigkeit eines Signals des Sensors für das Überwachen der Temperatur ausgelegt ist.
- 45 10. Anlage nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der an den Wärmetauscher-Ausgang (52) angeschlossenen Abschnitt der Leitung (18) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid und/oder der an den Wärmetauscher-Eingang (50) angeschlossenen Abschnitt der Leitung (18) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid eine Druckentlastungs-Einrichtung (92) enthält.
- 50 11. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (58) für das Auslösen einer Verbrennung von mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischem Wärmeträgerfluid in der Leitung (18) in einem von dem Wärmetauscher (20) beabstandeten Abbrandabschnitt (60) einen Abbrand einer brennbaren Gasatmosphäre in der Leitung (18) bewirkt und die Druckentlastungs-Einrichtung (92) für das Abbauen eines durch den Abbrand einer brennbaren Gasatmosphäre in dem Abbrandabschnitt (60) hervorgerufenen Druckanstiegs ausgelegt ist.
- 55 12. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das brennbare Bestandteile enthaltende Fluid ein ORC-Arbeitsmedium ist.
13. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das ORC-Arbeitsmedium in einem ORC-Arbeitsmit-

telkreislauf geführt ist, der eine Turbine (44), insbesondere Dampfturbine, sowie einen Kondensator (38) und einen Kompressor (40) enthält.

5 14. Anlage nach Anspruch 13, **gekennzeichnet durch** ein mit der Leitung (18) kommunizierendes Leitungssystem (12), in dem eine Heizeinrichtung (14) und/oder ein Wärmespeicher (20) für das Erwärmen von durch den Wärmetauscher (20) strömendem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid angeordnet ist.

10 15. Anlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Leitung in einem an den Wärmetauscher-Eingang (50) angeschlossenen Abschnitt der Leitung (18) für das oxidationsmittelhaltige gasförmige Wärmeträgerfluid ein Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher (26) angeordnet ist, der für das Übertragen von Wärme aus dem oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluid auf ein Wärmekraftmaschinen-Arbeitsmittel für eine Wärmekraftmaschine (24) angeordnet ist.

15 16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das an den Wärmekraftmaschinen-Wärmetauscher (26) durch die Leitung (18) zugeführte Wärmeträgerfluid für das Übertragen von Wärme auf das ORC-Arbeitsmedium durch den Wärmetauscher (20) geleitet werden kann.

20 17. Anlage nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmekraftmaschine (24) ein Stirlingmotor ist.

25 18. Verfahren zum Betrieb einer Anlage (10) mit einer Leitung (18) für ein oxidationsmittelhaltiges gasförmiges Wärmeträgerfluid, in der ein Wärmetauscher (20) für das Austauschen von Wärme zwischen dem Wärmeträgerfluid auf ein brennbare Bestandteile enthaltendes Fluid angeordnet ist, damit das Wärmeträgerfluid den Wärmetauscher (20) von einem Wärmetauscher-Eingang (50) für das Wärmeträgerfluid zu einem Wärmetauscher-Ausgang (52) für das Wärmeträgerfluid durchströmen kann,
gekennzeichnet durch
das Auslösen einer kontrollierten Verbrennung des oxidationsmittelhaltigen gasförmigen Wärmeträgerfluids in der Leitung (18), wenn dieses mit dem brennbare Bestandteile enthaltenden Fluid vermischt ist.

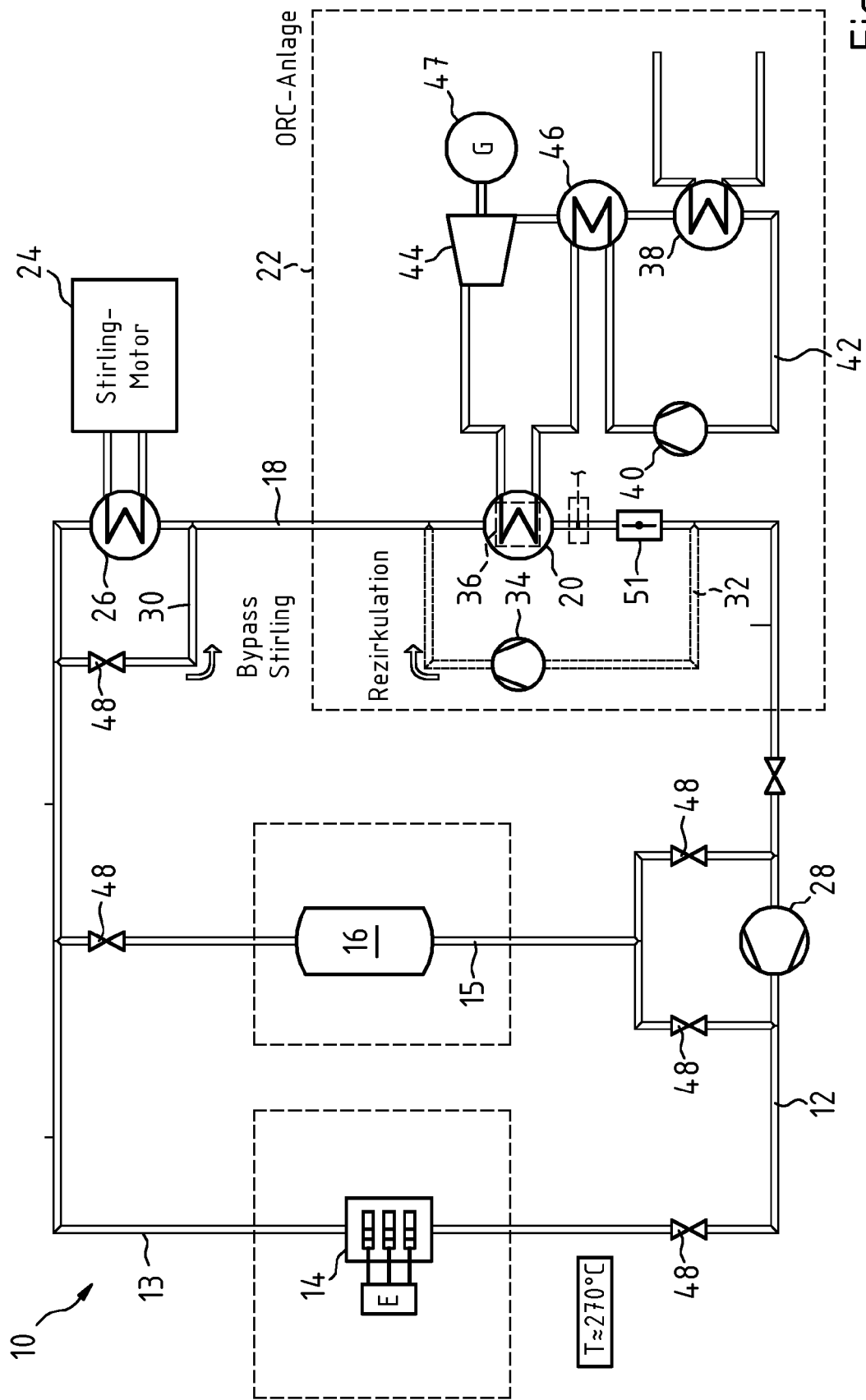


Fig.1

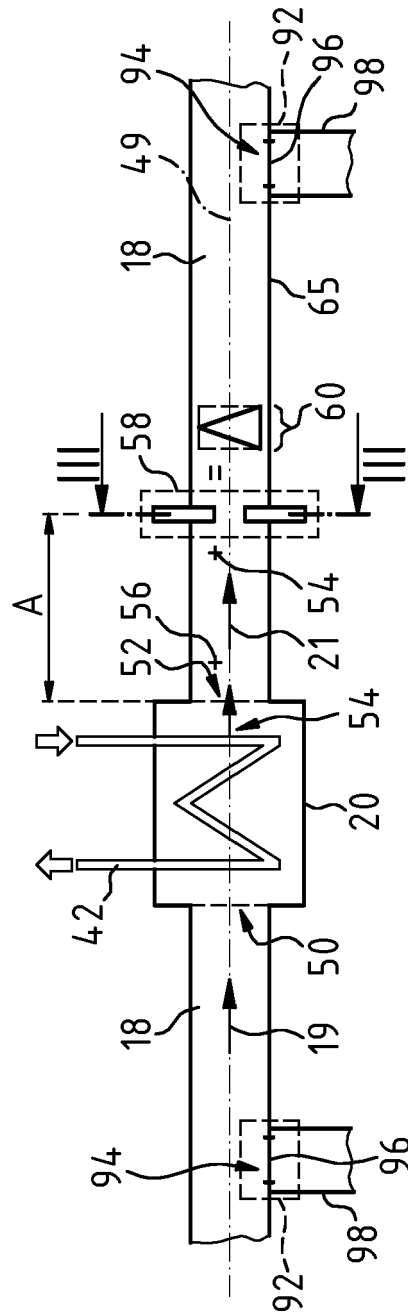


Fig.2

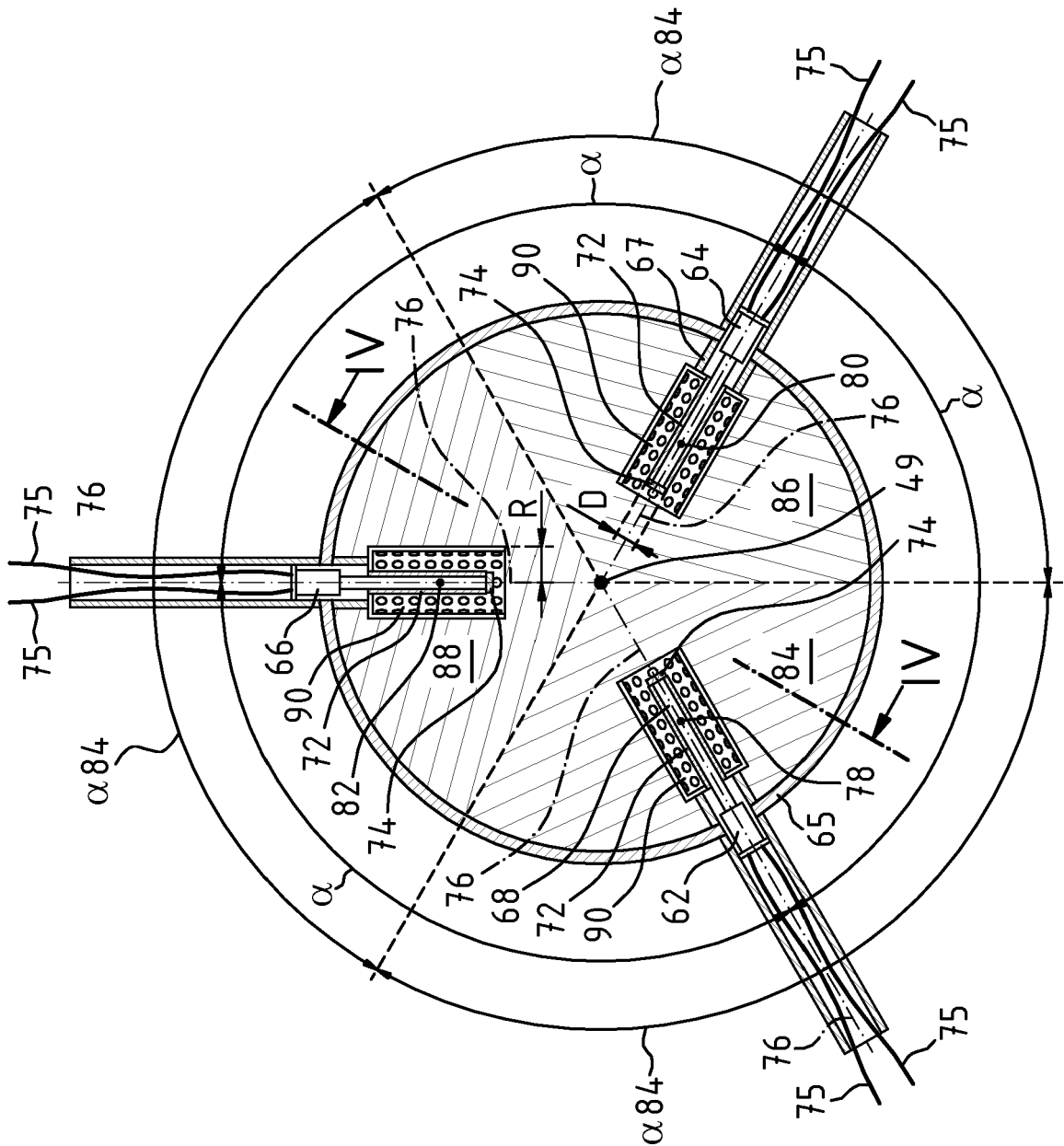


Fig.3

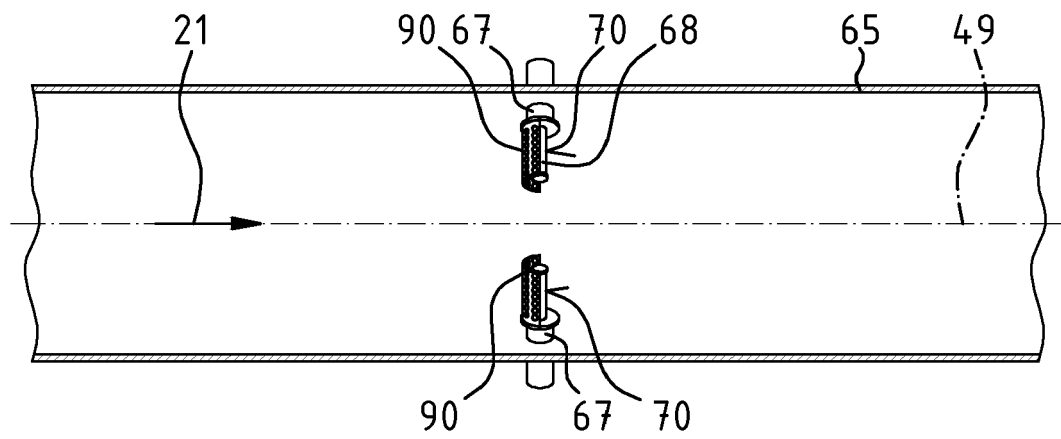


Fig.4

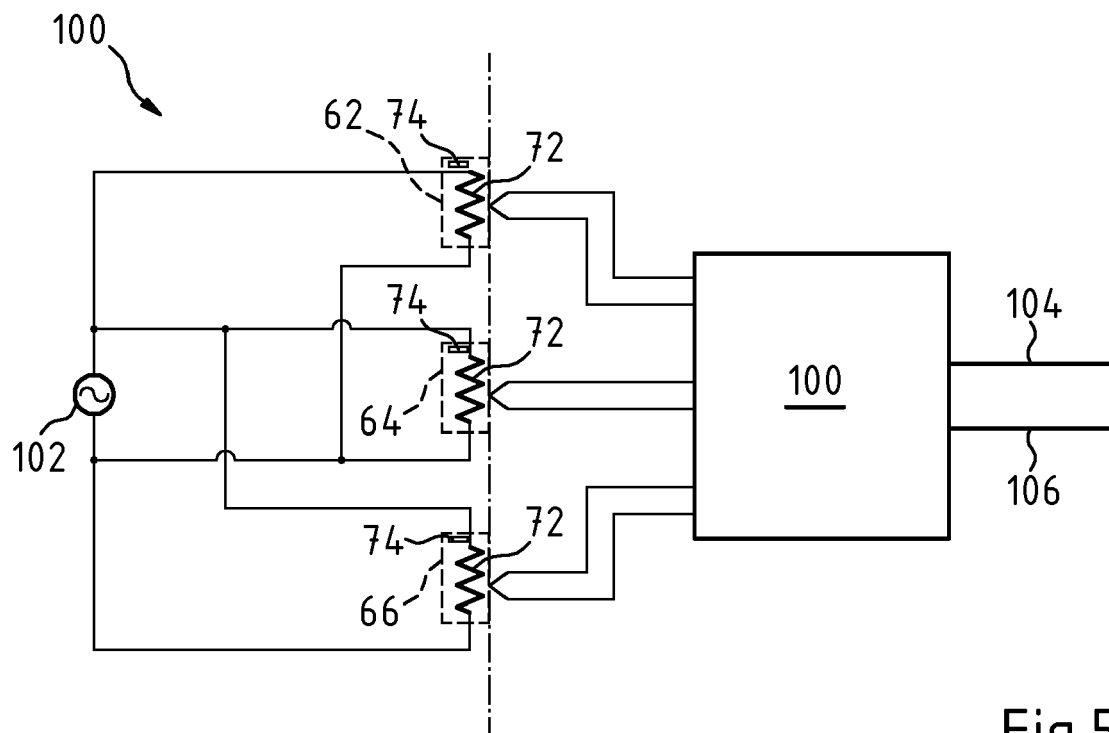


Fig.5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 0078

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	US 2018/135531 A1 (WIDENER STANLEY KEVIN [US] ET AL) 17. Mai 2018 (2018-05-17) * Absätze [0029] - [0037]; Abbildung 2 * -----	1-5, 10-13, 18 15-17	INV. F01K23/06
X	US 6 269 645 B1 (YAMAGUCHI SATAROU [JP]) 7. August 2001 (2001-08-07) * Spalte 10, Zeile 9 - Spalte 12, Zeile 31; Abbildung 15 * -----	1-5, 10-14, 18	
X	US 2013/236371 A1 (MASLOV BORIS A [US]) 12. September 2013 (2013-09-12) * Absatz [0246]; Abbildungen 1-7 * -----	1-9, 18	
X	US 6 289 666 B1 (GINTER J LYELL [US]) 18. September 2001 (2001-09-18) * Spalte 6, Zeile 28 - Spalte 8, Zeile 39; Abbildungen 1, 2 * -----	1, 18	
X	US 2009/277189 A1 (EIE ROLF [NO] ET AL) 12. November 2009 (2009-11-12) * Absätze [0024] - [0030]; Abbildung 1 * -----	1, 18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01K F23K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. September 2023	Prüfer Röberg, Andreas
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	

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

EP 23 17 0078

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.

26-09-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2018135531 A1	17-05-2018	CN 108071494 A	25-05-2018
		EP 3321581 A2	16-05-2018
		JP 2018112389 A	19-07-2018
		US 2018135531 A1	17-05-2018
US 6269645 B1	07-08-2001	CN 1272902 A	08-11-2000
		DE 69932989 T2	10-05-2007
		EP 0997613 A1	03-05-2000
		US 6269645 B1	07-08-2001
		WO 9958820 A1	18-11-1999
US 2013236371 A1	12-09-2013	KEINE	
US 6289666 B1	18-09-2001	AT E270748 T1	15-07-2004
		AU 771937 B2	08-04-2004
		BR 9908710 A	21-11-2000
		CA 2323541 A1	16-09-1999
		CN 1299435 A	13-06-2001
		DE 69918538 T2	18-08-2005
		EP 1062409 A1	27-12-2000
		EP 1496220 A2	12-01-2005
		ES 2224625 T3	01-03-2005
		IL 138380 A	24-12-2009
		JP 2002538345 A	12-11-2002
		KR 20010074445 A	04-08-2001
		SG 141211 A1	28-04-2008
		US 6289666 B1	18-09-2001
		WO 9946484 A1	16-09-1999
US 2009277189 A1	12-11-2009	AT 445805 T	15-10-2009
		CA 2656497 A1	27-12-2007
		CN 101466976 A	24-06-2009
		EP 2035740 A2	18-03-2009
		ES 2334853 T3	16-03-2010
		JP 2009541522 A	26-11-2009
		KR 20090033363 A	02-04-2009
		NO 328260 B1	18-01-2010
		PL 2035740 T3	31-03-2010
		PT 2035740 E	17-12-2009
		US 2009277189 A1	12-11-2009
		WO 2007148984 A2	27-12-2007

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

- DE 212016000187 U1 [0003]