



(10) **DE 10 2012 008 844 A1** 2012.10.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 008 844.2**

(22) Anmeldetag: **28.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2012**

(51) Int Cl.: **F01N 5/02 (2012.01)**

**F02G 5/02 (2012.01)**

**F01K 25/06 (2012.01)**

(71) Anmelder:  
**Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Gärtner, Jan, Dipl.-Ing., 71229, Leonberg, DE;  
Koch, Thomas, Dr.-Ing., 71034, Böblingen, DE**

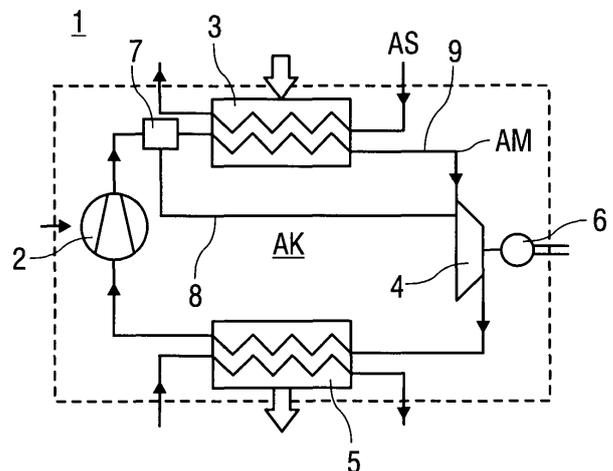
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf und Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom (AS) einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf (AK). Erfindungsgemäß ist eine Schmiermittelabscheidevorrichtung (7) im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) angeordnet und von einem im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zirkulierenden Arbeitsmedium (AM) durchströmbar.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung (1) zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom (AS) einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf (AK).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 10.

**[0002]** Heutige Verbrennungskraftmaschinen weisen einen Wirkungsgrad von bis zu 40 Prozent auf. Die Verluste werden überwiegend als Wärme an ein Kühlmittel und als Abgaswärme abgegeben.

**[0003]** Im Stand der Technik existieren verschiedene Verfahren und Vorrichtungen, mittels derer aus der Abgaswärme und/oder der Kühlmittelwärme elektrische und/oder mechanische Energie gewonnen wird.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf und ein verbessertes Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine anzugeben.

**[0005]** Hinsichtlich der Vorrichtung wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0006]** Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

**[0007]** Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Bei der Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf ist erfindungsgemäß eine Schmiermittelabscheidevorrichtung im Arbeitsmedium-Kreislauf angeordnet und von einem im Arbeitsmedium-Kreislauf zirkulierenden Arbeitsmedium durchströmbar.

**[0009]** Herkömmlicherweise wird in einem Arbeitsmedium-Kreislauf Wasser als Arbeitsmedium verwendet. Um ein Einfrieren des Arbeitsmediums bei niedrigen Temperaturen zu verhindern, wird dem Wasser Ethanol in einem derartigen Mischungsverhältnis zugesetzt, dass ein Gefrierpunkt des Wasser-Ethanolgemischs unterhalb der auftretenden Umgebungstemperaturen des Fahrzeugs liegt. Ein solches Gemisch weist eine niedrige Viskosität auf, so dass eine mangelnde Schmierwirkung an den Komponenten des Arbeitsmedium-Kreislaufs, insbesondere an Fördereinheit und Expansionsvorrichtung, auftritt. Daraus resultiert ein erhöhter Verschleiß, eine vergrößerte Ausfallwahrscheinlichkeit und/oder eine verringerte Lebensdauer dieser Komponenten.

**[0010]** Durch die Beimischung eines Schmiermittels, beispielsweise eines Mineralöls, zum Wasser-Ethanolgemisch werden die Viskosität und die daraus resultierende Schmierwirkung des Arbeitsmediums signifikant erhöht. Bei einer Zumischung herkömmlichen Mineralöls, beispielsweise Motoröl, zum Wasser-Ethanolgemisch zur Erhöhung der Viskosität und der daraus resultierenden Schmierwirkung tritt im Wärmetauscher aufgrund der dort anliegenden Temperaturen eine als Verkokung bezeichnete thermische Zersetzung des Mineralöls auf. Eine solche Verkokung vermindert insbesondere durch eine Querschnittsverringern oder ein Verstopfen einzelner Leitungen eine Verdampfungsleistung des Wärmetauschers.

**[0011]** Durch den Einsatz der Schmiermittelabscheidevorrichtung ist eine signifikante Reduzierung der Schmiermittelverkokung erreichbar, da das Schmiermittel nicht mehr mit den heißen Stellen im Wärmetauscher in Berührung kommen kann. Zudem ist eine Erhöhung der Schmiermittelumlaufmenge im Arbeitsmedium-Kreislauf ermöglicht, woraus eine verbesserte Schmierung und Schmiermittelversorgung von Fördereinheit und vor allem der Expansionsvorrichtung resultiert.

**[0012]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante ist eine gezielte Schmiermittelversorgung ausgewählter Abschnitte der Expansionsvorrichtung ermöglicht.

**[0013]** In einer Ausführungsform speist die Rückföhrleitung das Schmiermittel in Flussrichtung nach dem Kondensator und vor der Fördereinheit in den Arbeitsmedium-Kreislauf zurück. Damit kann das durch die Schmiermittelabscheidevorrichtung gesammelte Schmiermittel wieder gezielt zur Schmierung der Fördereinheit genutzt werden.

**[0014]** In einer Ausführungsform ist zur Schmiermitteleinspeisung eine zusätzliche Fördereinheit und/oder Dosiereinheit vorgesehen. Damit ist eine gezielte Schmiermittelzufuhr darstellbar. Bevorzugt sind

die zusätzlichen Bauteile in der Rückführleitung angeordnet.

**[0015]** In einer Ausführungsform ist die Schmiermittelabscheidevorrichtung in Flussrichtung des Arbeitsmediums nach der Expansionsvorrichtung und vor dem Kondensator angeordnet ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass sich das Arbeitsmedium zum Teil in gasförmigem Zustand befindet, was die Trennung des flüssigen Schmiermittels vom Arbeitsmedium und erleichtert.

**[0016]** In einer Ausführungsform speist die Rückführleitung das Schmiermittel in Flussrichtung des Arbeitsmediums vor die Expansionsvorrichtung oder in die Expansionsvorrichtung ein. Damit ist eine Schmierung der Expansionsvorrichtung darstellbar.

**[0017]** Beim Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf wird erfindungsgemäß mittels einer Schmiermittelabscheidevorrichtung ein Schmiermittel aus einem im Arbeitsmedium-Kreislauf zirkulierenden Arbeitsmedium vor dessen Eintritt in einen Wärmetauscher abgetrennt, wobei das abgetrennte Arbeitsmedium anschließend direkt einer Expansionsvorrichtung oder dem Arbeitsmedium vor dessen Eintritt in die Expansionsvorrichtung zugeführt wird. Auf diese Weise ist eine ausreichende Schmiermittelversorgung der Expansionsmaschine ermöglicht und eine Verkokung des Schmiermittels im Wärmetauscher ist sicher vermieden.

**[0018]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0019]** Dabei zeigen

**[0020]** [Fig. 1](#) schematisch eine herkömmliche Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf in einer ersten Ausführungsvariante und

**[0021]** [Fig. 2](#) schematisch eine herkömmliche Vorrichtung zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf in einer zweiten Ausführungsvariante.

**[0022]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0023]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine herkömmliche Vorrichtung **1** zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom AS einer nicht dargestellten Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Ar-

beitsmedium-Kreislauf AK. Im Arbeitsmedium-Kreislauf AK wird ein Arbeitsmedium AM geführt, wobei ein in dem Arbeitsmedium-Kreislauf AK durchgeführter Prozessablauf dem eines sogenannten Clausius-Rankine-Kreisprozesses entspricht.

**[0024]** Dieser Arbeitsmedium-Kreislauf AK umfasst eine Fördereinheit **2**, einen Wärmetauscher **3**, die Expansionsvorrichtung **4** und einen Kondensator **5**.

**[0025]** Im Prozessablauf des Clausius-Rankine-Kreisprozesses wird das flüssige Arbeitsmedium AM in einem Arbeitsmediumstrom von der Fördereinheit **2** dem Wärmetauscher **3** zugeführt. Im Wärmetauscher **3** wird das flüssige Arbeitsmedium AM unter konstantem oder nahezu konstantem Druck unter Nutzung der Verlustwärme der Verbrennungskraftmaschine derart erwärmt, dass es verdampft und überhitzt oder zumindest verdampft.

**[0026]** Die Fördereinheit **2** ist bevorzugt als herkömmliche Speisepumpe ausgebildet und beispielsweise motorbetrieben ausgeführt. Hierzu ist beispielsweise ein nicht dargestellter elektrischer Motor vorgesehen, der die Speisepumpe antreibt.

**[0027]** Der Wärmetauscher **3** kann dabei beispielsweise als Abgaswärmetauscher, Abgasrückführungswärmetauscher und/oder Kühlmittelwärmetauscher eine Abgaswärme und/oder eine Wärme eines Kühlmittels der Verbrennungskraftmaschine verwenden, um das flüssige Arbeitsmedium AM zu erwärmen und zu verdampfen.

**[0028]** Das unter hohem Druck stehende, überhitzte oder verdampfte Arbeitsmedium AM wird der Expansionsvorrichtung **4** zugeführt und in einer adiabatischen oder nahezu adiabatischen Expansion zu einem dampfförmigen Arbeitsmedium AM mit Normaldruck expandiert und dabei abgekühlt. In der Expansionsvorrichtung **4** wird dabei eine kinetische Energie des dampfförmigen Arbeitsmediums AM in eine mechanische Energie umgewandelt.

**[0029]** Beispielsweise kann die erzeugte mechanische Energie bei einer Kopplung der Expansionsvorrichtung **4** mit einem elektrischen Generator **6** in eine elektrische Energie umgewandelt werden. Diese elektrische Energie kann z. B. zum Antrieb eines nicht näher dargestellten Elektromotors genutzt werden, der unterstützend zur Verbrennungskraftmaschine wirkt. Der elektrische Generator **6** kann elektrisch mit einem herkömmlichen elektrischen Energiespeicher, beispielsweise einem Akkumulator, einer Fahrzeugbatterie, einer Lithium-Ionen-Batterie oder einem Supercap, verbunden sein und diese im Betrieb der Expansionsvorrichtung **4** aufladen.

**[0030]** Weiterhin kann die mittels der Expansionsvorrichtung **4** erzeugte mechanische Energie di-

rekt über nicht näher dargestellte Anordnungen der Verbrennungskraftmaschine zur Unterstützung zugeführt werden.

**[0031]** Die Expansionsvorrichtung **4** kann beispielsweise als Scrollarbeitsmaschine ausgebildet sein, welche in Expansionsrichtung von dem im Arbeitsmedium-Kreislauf AK zirkulierenden Arbeitsmedium AM durchströmbar ist. Anstelle der Scrollarbeitsmaschine kann auch eine andere Expansionsmaschine, z. B. eine Kolbenexpansionsmaschine oder Turbine, eingesetzt werden. Besonders bevorzugt ist die Expansionsvorrichtung **4** als eine Dampfturbine oder eine andere Dampfexpansionsmaschine ausgeführt.

**[0032]** Nach der Entspannung wird das dampfförmige Arbeitsmedium AM dem Kondensator **5** zugeführt, in welchem das dampfförmige Arbeitsmedium AM mittels einer Kühlung isobar oder nahezu isobar kondensiert und somit in einen flüssigen Aggregatzustand überführt wird, so dass der Fördereinheit **2** eingangsseitig das flüssige Arbeitsmedium AM zuführbar ist. Der Kondensator **5** kann beispielsweise als ein herkömmlicher Fahrzeugkühler ausgebildet sein und seine Abwärme an eine Fahrzeugumgebung übertragen. Alternativ kann der Kondensator **5** als sogenannter Rückkühler ausgebildet sein und seine Abwärme an eine weitere, nicht dargestellte Energierückgewinnungsvorrichtung übertragen.

**[0033]** Innerhalb des Arbeitsmedium-Kreislaufs AK zirkuliert das Arbeitsmedium AM. Das verwendete Arbeitsmedium AM des Arbeitsmedium-Kreislaufs AK ist aus einem flüssigen Gemisch von Wasser, Ethanol und zumindest einem Silikonöl gebildet.

**[0034]** Um ein Einfrieren des Arbeitsmediums AM bei niedrigen Temperaturen zu verhindern, wird dem Wasser Ethanol in einem derartigen Mischungsverhältnis zugesetzt, dass ein Gefrierpunkt des Wasser-Ethanolgemischs unterhalb der auftretenden Umgebungstemperaturen des Fahrzeugs liegt. Ein solches Gemisch weist eine niedrige Viskosität auf, so dass eine mangelnde Schmierwirkung an den Komponenten des Arbeitsmedium-Kreislaufs AK, insbesondere an Fördereinheit **2** und Expansionsvorrichtung **4**, auftritt.

**[0035]** Durch die Beimischung eines Schmiermittels, beispielsweise eines Mineralöls, zum Wasser-Ethanolgemisch werden die Viskosität und die daraus resultierende Schmierwirkung des Arbeitsmediums AM signifikant erhöht. Bei einer Zumischung herkömmlichen Mineralöls, beispielsweise Motoröl, zum Wasser-Ethanolgemisch zur Erhöhung der Viskosität und der daraus resultierenden Schmierwirkung tritt im Wärmetauscher **3** aufgrund der dort anliegenden Temperaturen eine als Verkokung bezeichnete thermische Zersetzung des Mineralöls auf. Eine solche Verkokung vermindert insbesondere durch eine Quer-

schnittsverringerung oder ein Verstopfen einzelner Leitungen eine Verdampfungsleistung des Wärmetauschers **3**.

**[0036]** Erfindungsgemäß ist eine Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** im Arbeitsmedium-Kreislauf AK angeordnet und von einem im Arbeitsmedium-Kreislauf AK zirkulierenden Arbeitsmedium AM durchströmbar. Eine solche herkömmliche Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** separiert das Schmiermittel vom übrigen Arbeitsmedium AM.

**[0037]** Die Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** ist in Flussrichtung des Arbeitsmediums AM vor dem Wärmetauscher **3** und bevorzugt zwischen Fördereinheit **2** und Wärmetauscher **3** angeordnet. Zur Rückführung des separierten oder abgeschiedenen Schmiermittels ist die Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** mittels einer Rückführleitung **8** mit dem Arbeitsmedium-Kreislauf AK gekoppelt.

**[0038]** In der in [Fig. 1](#) dargestellten ersten Ausführungsvariante ist die Rückführleitung **8** zwischen Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** und Expansionsvorrichtung **4** angeordnet und leitet das abgeschiedene Schmiermittel direkt in die Expansionsvorrichtung **4** ein.

**[0039]** [Fig. 2](#) zeigt schematisch eine herkömmliche Vorrichtung **1** zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom AS einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf AK in einer zweiten Ausführungsvariante. Diese Ausführungsvariante entspricht im Wesentlichen der Ausführungsvariante nach [Fig. 1](#), mit dem Unterschied, dass die Rückführleitung **8** zwischen Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** und einem zwischen Wärmetauscher **3** und Expansionsvorrichtung **4** angeordnetem Leitungsabschnitt **9** angeordnet ist und das abgeschiedene Schmiermittel in das durch den Leitungsabschnitt **9** strömende Arbeitsmedium AM einleitet.

**[0040]** Durch den Einsatz der Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** ist eine signifikante Reduzierung der Schmiermittelverkokung erreichbar, da das Schmiermittel nicht mehr mit den heißen Stellen im Wärmetauscher **3** in Berührung kommen kann. Zudem ist eine Erhöhung der Schmiermittelumlaufmenge im Arbeitsmedium-Kreislauf AK ermöglicht, woraus eine verbesserte Schmierung und Schmiermittelversorgung von Fördereinheit **2** und vor allem der Expansionsvorrichtung **4** resultieren.

**[0041]** In einer besonders vorteilhaften, nicht näher dargestellten Ausführungsvariante ist eine gezielte Schmiermittelversorgung ausgewählter Abschnitte der Expansionsvorrichtung **4** ermöglicht.

**[0042]** Beim Betrieb der Vorrichtung **1** zur Energierückgewinnung aus dem Abwärmestrom AS der Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf AK wird somit mittels der Schmiermittelabscheidevorrichtung **7** das Schmiermittel aus dem im Arbeitsmedium-Kreislauf AK zirkulierenden Arbeitsmedium AM vor dessen Eintritt in den Wärmetauscher **3** abgeschieden, wobei das abgeschiedene Arbeitsmedium AM anschließend direkt der Expansionsvorrichtung **4** oder dem Arbeitsmedium AM vor dessen Eintritt in die Expansionsvorrichtung **4** zugeführt wird. Auf diese Weise ist eine ausreichende Schmiermittelversorgung von Förderereinheit **2** und Expansionsvorrichtung **4** ermöglicht und eine Verkokung des Schmiermittels im Wärmetauscher **3** ist sicher vermieden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Vorrichtung
<b>2</b>	Fördereinheit
<b>3</b>	Wärmetauscher
<b>4</b>	Expansionsvorrichtung
<b>5</b>	Kondensator
<b>6</b>	Generator
<b>7</b>	Schmiermittelabscheidevorrichtung
<b>8</b>	Rückführleitung
<b>9</b>	Leitungsabschnitt
<b>AM</b>	Arbeitsmedium
<b>AK</b>	Arbeitsmedium-Kreislauf
<b>AS</b>	Abwärmestrom

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung **(1)** zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom (AS) einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf (AK), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) angeordnet und von einem im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zirkulierenden Arbeitsmedium (AM) durchströmbar ist.

2. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** in Flussrichtung des Arbeitsmediums (AM) vor einem Wärmetauscher **(3)** angeordnet ist.

3. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zwischen Förderereinheit **(2)** und Wärmetauscher **(3)** angeordnet ist.

4. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** in Flussrichtung des Arbeitsmediums (AM) nach der Expansionsvorrichtung **(4)** und vor dem Kondensator **(5)** angeordnet ist.

5. Vorrichtung **(1)** nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** eine Rückführleitung **(8)** zugeordnet ist, mit der das abgeschiedene Schmiermittel dem Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zurückgeführt wird.

6. Vorrichtung **(1)** nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführleitung **(8)** das Schmiermittel in Flussrichtung des Arbeitsmediums (AM) vor die Expansionsvorrichtung **(4)** einspeist.

7. Vorrichtung **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführleitung **(8)** das Schmiermittel in die Expansionsvorrichtung **(4)** einspeist.

8. Vorrichtung **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführleitung **(8)** das abgeschiedene Schmiermittel in Flussrichtung nach dem Kondensator und vor der Förderereinheit **(2)** in den Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zurückspeist.

9. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Schmiermitteleinspeisung eine zusätzliche Förderereinheit und/oder Dosiereinheit vorgesehen ist.

10. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung **(1)** zur Energierückgewinnung aus einem Abwärmestrom (AS) einer Verbrennungskraftmaschine in einem Fahrzeug mit einem Arbeitsmedium-Kreislauf (AK), dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Schmiermittelabscheidevorrichtung **(7)** ein Schmiermittel aus einem im Arbeitsmedium-Kreislauf (AK) zirkulierenden Arbeitsmedium (AM) vor dessen Eintritt in einen Wärmetauscher **(3)** abgeschieden wird, wobei das abgeschiedene Arbeitsmedium (AM) anschließend direkt einer Expansionsvorrichtung **(4)** oder dem Arbeitsmedium (AM) vor dessen Eintritt in die Expansionsvorrichtung **(4)** oder die Förderereinheit **(2)** zugeführt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

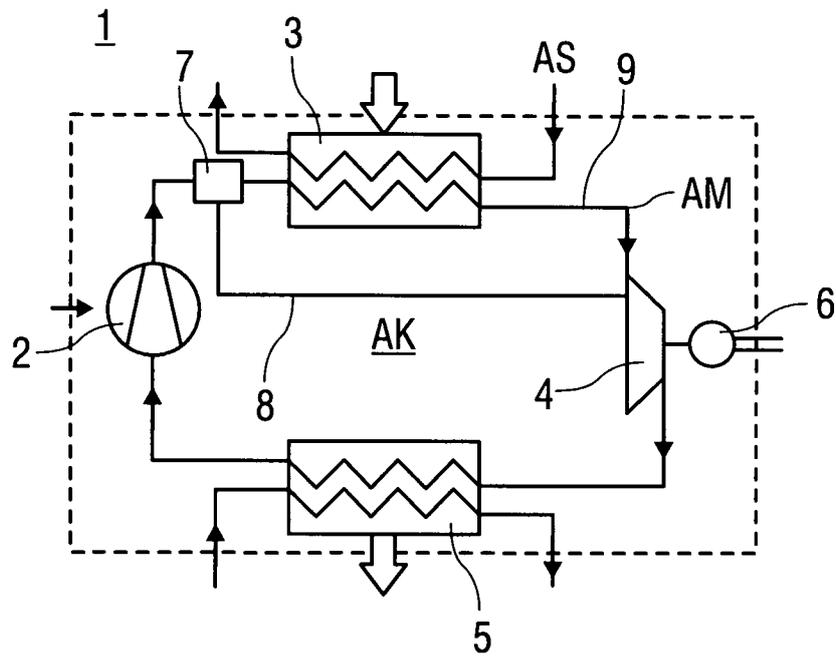


FIG 1

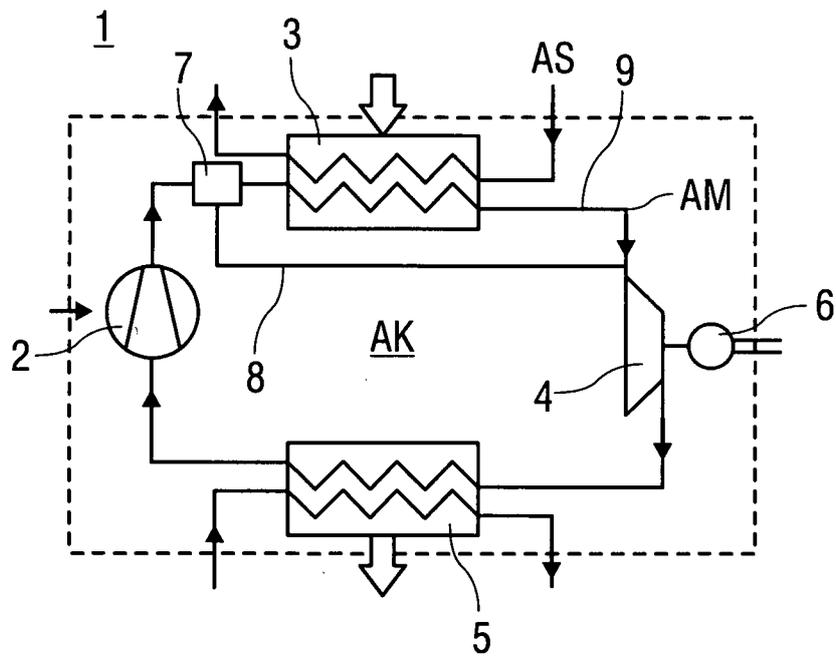


FIG 2