



(10) **DE 10 2014 001 819 B4** 2018.12.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 001 819.9**  
(22) Anmeldetag: **13.02.2014**  
(43) Offenlegungstag: **13.08.2015**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **13.12.2018**

(51) Int Cl.: **F02G 5/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und  
Verkehr, 10587 Berlin, DE**

(72) Erfinder:  
**Moldenhauer, Stefan, Dr., 98693 Ilmenau, DE**

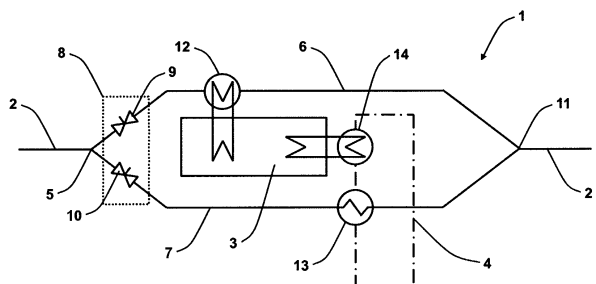
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 033 611	B4
DE	10 2008 027 171	A1
DE	10 2011 004 794	A1
DE	10 2012 202 150	A1
DE	10 2012 211 466	A1

(54) Bezeichnung: **Abwärmerekuperationssystem und Abwärmerekuperationsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung stellt ein verbessertes Abwärmerekuperationssystem mit Wärmespeicher und Energierückgewinnungseinrichtung bereit, bei welchem der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung unabhängig voneinander mit Abwärme beaufschlagt werden können und mittels des Wärmespeichers eine Vergleichmäßigung der Abwärme für die Energierückgewinnungseinrichtung erfolgt.

Das erfindungsgemäß vorteilhafte Abwärmerekuperationssystem umfasst demnach einen Wärmespeicher und eine Energierückgewinnungseinrichtung in einem Abgasstrang, wobei der Abgasstrang mittels einer Verzweigung und einer Zusammenführung in einen ersten Abgasteilstrang und einen zweiten Abgasteilstrang aufgeteilt ist und im ersten Abgasteilstrang der Wärmespeicher mittels eines ersten Wärmetauschers und im zweiten Abgasstrang die Energierückgewinnungseinrichtung mittels eines zweiten Wärmetauschers integriert ist. Der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung sind zueinander parallel angeordnet und weiterhin mittels eines dritten Wärmetauschers miteinander gekoppelt. Der zweite Wärmetauscher und der dritte Wärmetauscher der Energierückgewinnungseinrichtung sind dabei derart ausgelegt, dass diese auf unterschiedlichen Temperaturniveaus arbeiten. Vorzugsweise arbeitet der dritte Wärmetauscher im Vergleich zum zweiten Wärmetauscher auf einem höheren Temperaturniveau.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Abwärmerekuperationssystem gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Abwärmerekuperationsverfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 6.

## Stand der Technik

**[0002]** Beim Betrieb von herkömmlichen Brennkraftmaschinen entsteht durch die Verbrennung von Kraftstoff Abwärme, welche als Abgaswärme, Kühlmittelwärme und auch Strahlungswärme der Brennkraftmaschinen an die Umwelt abgegeben wird. Etwa ein Drittel der zugeführten chemischen Kraftstoffenergie wird als Abgaswärme und etwa ein weiteres Drittel als Kühlmittelwärme abgeführt. Zur Wirkungsgradsteigerung der Brennkraftmaschinen wird die Abwärme deshalb nicht ungenutzt an die Umwelt abgegeben, sondern einem der Verbrennung nachgelagerten System zur Abwärmenutzung zugeführt.

**[0003]** Dazu werden Abwärmerekuperationssysteme entwickelt, welche in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Abwärme der Brennkraftmaschine betrieben werden. Moderne Abwärmerekuperationssysteme umfassen wenigstens einen Wärmespeicher und eine Energierückgewinnungseinrichtung, um das wechselnde Angebot an Abwärme, insbesondere der Abgaswärme optimal zu nutzen. Die Kombination des Wärmespeichers mit der Energierückgewinnungseinrichtung dient dazu, das wechselnde Angebot an Abwärme zu dämpfen und als möglichst gleichmäßiges Abwärmeangebot für die Energierückgewinnungseinrichtung nutzbar zu machen. Durch die Vergleichmäßigung des Abwärmeangebots kann die Energierückgewinnungseinrichtung entsprechend ausgelegt und wirkungsgradoptimal betrieben sowie vor einer Störung durch zu hohes Abwärmeangebot geschützt werden.

**[0004]** Aus der Patentschrift DE 10 2007 033 611 B4 geht eine Anordnung zur Abgaswärmenutzung mit einem Dampfkreislauf und einem Wärmespeicher hervor, welche parallel zueinander in zwei Abgasteilströmen angeordnet sind. Zur Steuerung der Abgasteilströme und damit zur Beaufschlagung des Dampfkreislaufs und des Wärmespeichers mit Abgas sind Steuermittel vorgesehen, welche in Abhängigkeit des Wärmeangebots gesteuert werden.

**[0005]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2008 027 171 A1 ist eine Abgaswärmerückgewinnungseinrichtung bekannt, bei welcher ein Wärmespeicher mit einem Abgasstrom einer Brennkraftmaschine gekoppelt ist. Der Wärmespeicher ist wiederum mit einem Wasserdampfkreislauf gekoppelt,

so dass der Wasserdampfkreislauf dem Wärmespeicher seriell nachgeschaltet ist.

**[0006]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2011 004 794 A1 ist eine Anordnung zur Abwärmenutzung bekannt, bei welcher der Abgasstrang mit einem thermoelektrischen Generator und der thermoelektrische Generator mit einem Latentwärmespeicher gekoppelt sind, wobei die Koppelungen über die Hochtemperaturseite des thermoelektrischen Generators erfolgen.

**[0007]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2012 202 150 A1 geht ein thermoelektrischer Generator hervor, welcher über eine Wärmespeichereinrichtung mit dem Abgasstrang eines Fahrzeugs thermisch gekoppelt ist.

**[0008]** Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2012 211 466 A1 geht ein thermoelektrischer Generator mit einem Wärmespeicher für ein Fahrzeug hervor, wobei der thermoelektrische Generator und der Wärmespeicher parallel zueinander in einem Abgasstrang in Bypassanordnung integriert sind. Der thermoelektrische Generator und der Wärmespeicher sind zur Wärmeübertragung über einen Wärmeübertragungskontakt miteinander gekoppelt.

## Aufgabe der Erfindung

**[0009]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Abwärmerekuperationssystem mit einem Wärmespeicher und einer Energierückgewinnungseinrichtung sowie ein verbessertes Abwärmerekuperationsverfahren bereitzustellen, bei welchem der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung optimal betrieben werden können.

## Lösung der Aufgabe

**[0010]** Die Aufgabe wird durch ein Abwärmerekuperationssystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Abwärmerekuperationsverfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen.

## Beschreibung der Erfindung

**[0011]** Es wird ein verbessertes Abwärmerekuperationssystem mit Wärmespeicher und Energierückgewinnungseinrichtung bereitgestellt, bei welchem der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung unabhängig voneinander mit Abwärme beaufschlagt werden können und mittels des Wärmespeichers eine Vergleichmäßigung der Abwärme für die Energierückgewinnungseinrichtung erfolgt.

**[0012]** Das Abwärmerekuperationssystem ist für den Einsatz zur Energierückgewinnung aus der Ab-

wärme abwärmeerzeugender Maschinen geeignet. Das Abwärmerekuperationssystem ist vorzugsweise in einem Abgasstrang einer Brennkraftmaschine integriert und weist eine Bypassanordnung auf, so dass der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung zueinander parallel angeordnet sind. Innerhalb des Abwärmerekuperationssystems ist der Abgasstrang mittels einer Verzweigung in einen ersten Abgasteilstrang und einen zweiten Abgasteilstrang aufgeteilt. Mittels einer Ventilanordnung ist der erste Abgasteilstrang und / oder der zweite Abgasteilstrang mit Abgas beaufschlagbar. Über eine Zusammenführung werden die beiden Abgasteilstränge wieder verbunden, so dass eine Bypassanordnung gebildet wird. Mittels der Ventilanordnung kann der erste Abgasteilstrang und / oder der zweite Abgasteilstrang in den Abgasstrang integriert werden oder nicht integriert werden. Ist der jeweilige Abgasteilstrang in den Abgasstrang integriert, wird dieser beim Betrieb der Brennkraftmaschine mit Abgas durchströmt. Ist der jeweilige Abgasteilstrang nicht in den Abgasstrang integriert, so wird dieser nicht mit Abgas durchströmt.

**[0013]** Die Ventilanordnung kann im Bereich der Verzweigung, aber auch im Bereich der Zusammenführung im Abgasstrang integriert sein. Die Ventilanordnung ist aus wenigstens einem Absperrventil gebildet, wobei das Absperrventil im ersten Abgasteilstrang oder im zweiten Abgasteilstrang angeordnet ist. Zudem kann der jeweilige Abgasteilstrang, welcher nicht mit dem Absperrventil versehen ist, eine Drosselstelle aufweisen, um bei geöffnetem Absperrventil die Verteilung des Abgases zwischen dem ersten Abgasteilstrang und dem zweiten Abgasteilstrang zu beeinflussen. Die Ventilanordnung ist vorzugsweise aus wenigstens zwei Absperrventilen gebildet, wobei ein erstes Absperrventil im ersten Abgasteilstrang und ein zweites Absperrventil im zweiten Abgasteilstrang angeordnet ist. Mittels des jeweiligen Absperrventils kann der Durchlass von Abgas kontinuierlich verändert oder versperrt werden. Alternativ kann die Ventilanordnung beispielsweise auch ein Wegeventil umfassen.

**[0014]** Im ersten Abgasteilstrang ist der Wärmespeicher integriert, wobei zur Wärmeübertragung ein erster Wärmetauscher vorgesehen ist und mit dem Abgas im ersten Abgasteilstrang und einem Speichermedium im Wärmespeicher in Wirkverbindung steht. Mittels des ersten Wärmetauschers ist Wärme vom Abgas zum Speichermedium oder vom Speichermedium zum Abgas übertragbar. Demnach kann das Abgas im ersten Abgasteilstrang mittels des Wärmespeichers gekühlt oder erwärmt werden.

**[0015]** Im zweiten Abgasteilstrang ist die Energierückgewinnungseinrichtung integriert, wobei zur Wärmeübertragung ein zweiter Wärmetauscher vorgesehen ist und mit dem Abgas im zweiten Abgasteil-

strang und einem Wirkmedium in der Energierückgewinnungseinrichtung in Wirkverbindung steht. Mittels des zweiten Wärmetauschers ist Wärme vom Abgas zum Wirkmedium oder vom Wirkmedium zum Abgas übertragbar. Demnach kann das Abgas im zweiten Abgasteilstrang mittels der Energierückgewinnungseinrichtung vorzugsweise gekühlt oder auch erwärmt werden.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist die Energierückgewinnungseinrichtung mit dem Wärmespeicher gekoppelt, wobei zur Wärmeübertragung ein dritter Wärmetauscher vorgesehen ist und mit dem Wirkmedium in der Energierückgewinnungseinrichtung und dem Speichermedium im Wärmespeicher in Wirkverbindung steht. Mittels des dritten Wärmetauschers ist Wärme vom Speichermedium zum Wirkmedium oder vom Wirkmedium zum Speichermedium übertragbar. Demnach kann das Wirkmedium in der Energierückgewinnungseinrichtung mittels des Wärmespeichers vorzugsweise erwärmt, aber auch gekühlt werden. Die Energierückgewinnungseinrichtung umfasst somit den zweiten Wärmetauscher, welcher in den zweiten Abgasstrang integriert ist und weiterhin den dritten Wärmetauscher, welcher in den Wärmespeicher integriert ist. Der Wärmespeicher umfasst somit den ersten Wärmetauscher, welcher in den ersten Abgasteilstrang integriert ist und weiterhin den dritten Wärmetauscher, welcher in der Energierückgewinnungseinrichtung integriert ist.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Abwärmerekuperationssystem umfasst demnach einen Wärmespeicher und eine Energierückgewinnungseinrichtung in einem Abgasstrang, wobei der Abgasstrang mittels einer Verzweigung und einer Zusammenführung in einen ersten Abgasteilstrang und einen zweiten Abgasteilstrang aufgeteilt ist und im ersten Abgasteilstrang der Wärmespeicher mittels eines ersten Wärmetauschers und im zweiten Abgasstrang die Energierückgewinnungseinrichtung mittels eines zweiten Wärmetauschers integriert ist. Der Wärmespeicher und die Energierückgewinnungseinrichtung sind zueinander parallel angeordnet und weiterhin mittels eines dritten Wärmetauschers miteinander gekoppelt. Der zweite Wärmetauscher und der dritte Wärmetauscher der Energierückgewinnungseinrichtung sind dabei derart ausgelegt, dass diese auf unterschiedlichen Temperaturniveaus arbeiten. Vorzugsweise arbeitet der dritte Wärmetauscher im Vergleich zum zweiten Wärmetauscher auf einem höheren Temperaturniveau.

**[0018]** Der Wärmespeicher kann als einfacher sensibler Wärmespeicher, als Latentwärmespeicher oder Sorptionsspeicher ausgeführt sein. Erfindungsgemäß vorteilhaft ist der Wärmespeicher als Latentwärmespeicher ausgeführt, wobei das Speichermedium bei der Wärmespeicherung einen Aggregatzustandswechsel vollzieht. Erfindungsgemäß vorteilhaft ist der Wärmespeicher als Hochtemperaturlat-

entwärmespeicher ausgelegt, um Abwärme aus dem Abgas mit besonders hoher Abgastemperatur auf einem geringeren Temperaturniveau zu speichern. Zudem kann der Wärmespeicher als Langzeitspeicher ausgeführt sein, um Wärme über mehrere Betriebszyklen der Brennkraftmaschine zu speichern.

**[0019]** Erfindungsgemäß vorteilhaft ist die Energierückgewinnungseinrichtung als Dampfkreislauf ausgeführt, in welchem das Wirkmedium ein Arbeitsmedium darstellt. Der Dampfkreislauf umfasst neben dem zweiten Wärmetauscher und dem dritten Wärmetauscher eine Expansionsmaschine, einen Kondensator sowie eine Förderpumpe. Erfindungsgemäß vorteilhaft ist der dritte Wärmetauscher dem zweiten Wärmetauscher im Dampfkreislauf nachgeschaltet. Der zweite Wärmetauscher kann als Erhitzer ausgeführt sein, welcher das flüssige Arbeitsmedium erhitzt, und / oder als Dampferzeuger ausgeführt sein, welcher das flüssige Arbeitsmedium verdampft. Der dritte Wärmetauscher kann dann als Dampferzeuger ausgeführt sein, welcher das flüssige Arbeitsmedium verdampft, und / oder weiter als Überhitzer ausgeführt sein, welcher das bereits verdampfte Arbeitsmedium weiter erwärmt. Alternativ ist der zweite Wärmetauscher dem dritten Wärmetauscher im Dampfkreislauf nachgeschaltet. Der dritte Wärmetauscher kann dann als Dampferzeuger ausgeführt sein, welcher das flüssige Arbeitsmedium verdampft. Der zweite Wärmetauscher kann dann als Überhitzer ausgeführt sein, welcher das bereits verdampfte Arbeitsmedium weiter erwärmt. Das überhitzte Arbeitsmedium wird über die Expansionsmaschine bei Abgabe mechanischer Arbeit entspannt, bevor es im Kondensator verflüssigt wird und anschließend mittels der Förderpumpe wieder zum zweiten Wärmetauscher und dritten Wärmetauscher zugeführt wird. Die abgegebene mechanische Arbeit entspricht dann der aus der Abgaswärme rekuperierten Energie, welche zum Teil zum Betrieb des Abwärmerekuperationssystems verwendet werden kann. Der Dampfkreislauf kann in Abhängigkeit des verwendeten Arbeitsmediums beispielsweise als Clausius-Rankine-Kreisprozess, als auf organischem Arbeitsmedium basierender Rankine-Kreisprozess oder als Kalina-Kreisprozess betrieben werden.

**[0020]** Erfindungsgemäß vorteilhaft ist die Energierückgewinnungseinrichtung als ein nach dem Seebeck-Effekt arbeitender thermoelektrischer Generator ausgeführt, in welchem das Wirkmedium ein Thermoelement darstellt. Der thermoelektrische Generator umfasst neben dem zweiten Wärmetauscher und dem dritten Wärmetauscher auf seiner Hochtemperaturseite für die Wärmezufuhr einen vierten Wärmetauscher auf seiner Niedertemperaturseite für die Wärmeabfuhr. Erfindungsgemäß vorteilhaft sind in dem thermoelektrischen Generator unterschiedliche Thermoelemente angeordnet, so dass der thermoelektrische Generator mit dem zweiten Wärme-

tauscher und dem dritten Wärmetauscher auf unterschiedlichen Temperaturniveaus arbeiten kann. In einer Parallelanordnung sind demnach auf der Hochtemperaturseite des thermoelektrischen Generators der zweite Wärmetauscher mit einem ersten Thermoelement und der dritte Wärmetauscher mit einem zweiten Thermoelement wirkverbunden. Über den zweiten Wärmetauscher wird Wärme aus dem Abgas an das erste Thermoelement und über den dritten Wärmetauscher Wärme aus dem Wärmespeicher an das zweite Thermoelement zur Energierückgewinnung übertragen. Auf der Niedertemperaturseite des thermoelektrischen Generators sind das erste Thermoelement und das zweite Thermoelement mit dem vierten Wärmetauscher wirkverbunden. Über den vierten Wärmetauscher wird Wärme vom ersten Thermoelement und vom zweiten Thermoelement auf eine Kühleinrichtung übertragen.

**[0021]** In einer alternativen Serienanordnung sind demnach auf der Hochtemperaturseite des jeweiligen Thermoelementes der zweite Wärmetauscher mit einem ersten Thermoelement und der dritte Wärmetauscher mit einem zweiten Thermoelement wirkverbunden. Über den zweiten Wärmetauscher wird Wärme aus dem Abgas an das erste Thermoelement und über den dritten Wärmetauscher Wärme aus dem Wärmespeicher an das zweite Thermoelement zur Energierückgewinnung übertragen. Auf der Niedertemperaturseite des jeweiligen Thermoelementes sind das erste Thermoelement mit dem vierten Wärmetauscher und das zweite Thermoelement mit dem zweiten Wärmetauscher wirkverbunden. Demnach ist die Hochtemperaturseite des ersten Thermoelementes mit der Niedertemperaturseite des zweiten Thermoelementes zur Übertragung von Wärme wirkverbunden. Über den vierten Wärmetauscher wird Wärme vom ersten Thermoelement auf die Kühleinrichtung übertragen.

**[0022]** Der dritte Wärmetauscher ist zusammen mit dem zweiten Thermoelement für ein im Vergleich zum zweiten Wärmetauscher mit dem ersten Thermoelement höheres Temperaturniveau ausgelegt. Da das erste Thermoelement und das zweite Thermoelement mit dem vierten Wärmetauscher wirkverbunden sind, ergeben sich für das erste Thermoelement und das zweite Thermoelement unterschiedliche Temperaturgefälle und dementsprechend unterschiedliche Potentialdifferenzen, welche als elektrische Energie abgenommen werden. Die abgenommene elektrische Energie entspricht dann der aus der Abgaswärme rekuperierten Energie.

**[0023]** Weiter wird ein verbessertes Abwärmerekuperationsverfahren zum Betrieb des Abwärmerekuperationssystems mittels der Ventilanordnung bereitgestellt. Mittels der Ventilanordnung kann das beim Betrieb der Brennkraftmaschine entstehende Abgas zum Wärmespeicher und / oder zur Energierückge-

winnungseinrichtung geleitet werden, wobei das Abgas vollständig in den ersten Abgasteilstrang oder vollständig in den zweiten Abgasteilstrang oder anteilig in den ersten Abgasteilstrang und in den zweiten Abgasteilstrang geleitet wird.

**[0024]** Dabei wird die Ventilanordnung in Abhängigkeit des Angebots an Abgaswärme betrieben. Das Angebot an Abgaswärme ergibt sich aus dem Abgasmassestrom und der Abgastemperatur beim Betrieb der Brennkraftmaschine. Weiterhin kann die Ventilanordnung in Abhängigkeit des Speicherzustands des Wärmespeichers, sowie in Abhängigkeit der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung betrieben werden. Der Speicherzustand des Wärmespeichers wird anhand des physikalischen und / oder chemischen Zustands des Speichermediums ermittelt. Dies kann die Temperatur, der Druck, aber auch der Aggregatzustand oder die chemische Zusammensetzung des Speichermediums sein. Die Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung wird wenigstens anhand des physikalischen Zustands des Wirkmediums ermittelt. Dies kann die Temperatur, der Druck, aber auch der Aggregatzustand des Wirkmediums sein. Zusätzlich kann die Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung anhand der rekuperierbaren Energie, beispielsweise der zur Verfügung stehenden Speicherkapazität eines Energiespeichers, vorzugsweise einer elektrischen Batterie ermittelt werden.

**[0025]** Erfindungsgemäß wird zur Beurteilung der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung auch der Speicherzustand des Wärmespeichers einbezogen, da die Energierückgewinnungseinrichtung sowohl mittels der Abgaswärme aus dem zweiten Abgasteilstrang über den zweiten Wärmetauscher als auch mittels der Speicherwärme aus dem Wärmespeicher über den dritten Wärmetauscher betrieben werden kann. Dementsprechend wird das Angebot an Abgaswärme, der Speicherzustand des Wärmespeichers sowie die Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung ermittelt, wobei der Speicherzustand des Wärmespeichers in die Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung einbezogen wird und die Ventilanordnung in Abhängigkeit davon betrieben wird.

**[0026]** Sind dem Abwärmerekuperationssystem Einrichtungen zur Nachbehandlung des Abgases nachgeschaltet, kann die Ventilanordnung auch in Abhängigkeit des Konvertierungszustands eines Abgaskatalysators und / oder in Abhängigkeit des Beladungszustands eines Partikelfilters betrieben werden. So kann insbesondere beim Kaltstart der Brennkraftmaschine das Abgas mit geringer Abgastemperatur vorrangig über den ersten Abgasteilstrang zur Abgasnachbehandlungseinrichtung geleitet werden, wenn

der Wärmespeicher zum Aufwärmen des Abgases ausreichend geladen ist. Dadurch kann das Abgas zum beschleunigten Erreichen der Betriebstemperatur der Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgewärmt werden.

**[0027]** Weiter kann für den Bauteilschutz, insbesondere für den Schutz der Energierückgewinnungseinrichtung Abgas mit hoher Abgastemperatur vorrangig über den ersten Abgasteilstrang geleitet werden, wenn der Wärmespeicher zum Abkühlen des Abgases ausreichend Speicherkapazität aufweist. Die dann auf einem geringeren Temperaturniveau im Wärmespeicher gespeicherte Abwärme aus dem Abgas kann dann über den dritten Wärmetauscher aus dem Wärmespeicher auf die Energierückgewinnungseinrichtung übertragen und somit zum Betreiben der Energierückgewinnungseinrichtung verwendet werden. Zusätzlich kann mittels der Ventilanordnung das Abgas mit hoher Abgastemperatur zwischen dem ersten Abgasteilstrang und dem zweiten Abgasteilstrang derart aufgeteilt werden, dass in Abhängigkeit des Speicherzustands des Wärmespeichers sowie in Abhängigkeit der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung das Abgas soweit abgekühlt werden kann, dass die Abgasnachbehandlungseinrichtung vor Zerstörung geschützt ist oder eine maximal mögliche Abwärmerekuperation über die Energierückgewinnungseinrichtung erfolgen kann.

**[0028]** Das Abwärmerekuperationssystem kann mittels der Ventilanordnung derart betrieben werden, dass die Energierückgewinnungseinrichtung vorrangig Wärme aus dem Abgas rekuperiert. Nachrangig wird mittels des Wärmespeichers Wärme aus dem Abgas gespeichert. Dabei wird dem zweiten Abgasteilstrang gerade soviel Abgas zugeführt, wie Wärme aus dem Abgas über die Energierückgewinnungseinrichtung entnommen werden kann. Das verbleibende Abgas wird dem ersten Abgasteilstrang zugeführt, wobei die aus dem Abgas übertragene Wärme im Wärmespeicher gespeichert wird.

**[0029]** Das Abwärmerekuperationssystem kann mittels der Ventilanordnung derart betrieben werden, dass die Energierückgewinnungseinrichtung vorrangig Wärme aus dem Abgas rekuperiert und Wärme aus dem Abgas über die Energierückgewinnungseinrichtung im Wärmespeicher gespeichert werden kann.

**[0030]** Das Abwärmerekuperationssystem kann mittels der Ventilanordnung derart betrieben werden, dass der Wärmespeicher vorrangig auf einem bestimmten Speicherzustand gehalten wird, um einerseits eine schnelle Erwärmung der Abgasnachbehandlungseinrichtung beim Kaltstart der Brennkraftmaschine sicherzustellen und andererseits genügend Speicherkapazität zur Verfügung gestellt wer-

den kann, um Abgas mit hoher Abgastemperatur für den Bauteilschutz ausreichend abzukühlen. Nachrangig wird mittels der Energierückgewinnungseinrichtung Wärme rekuperiert, wobei Wärme aus dem Abgas und / oder Wärme aus dem Wärmespeicher entnommen wird.

#### Ausführungsbeispiel

##### Abwärmerekuperationssystem mit Dampfkreislauf

**[0031]** Beispielhaft wird hier eine Ausführung des erfindungsgemäßen Abwärmerekuperationssystems dargestellt. In der dazugehörigen Figur zeigt:

**[0032]** **Fig. 1:** eine schematische Darstellung eines Abwärmerekuperationssystems (1) mit Dampfkreislauf.

**[0033]** Das erfindungsgemäß vorteilhafte Abwärmerekuperationssystem (1), dargestellt in **Fig. 1**, ist in einem Abgasstrang (2) einer Brennkraftmaschine integriert. Das Abwärmerekuperationssystem (1) umfasst einen Wärmespeicher (3) und einen Dampfkreislauf (4) in einer Bypassanordnung, so dass der Wärmespeicher (3) und der Dampfkreislauf (4) zueinander parallel angeordnet sind. Innerhalb des Abwärmerekuperationssystems (1) ist der Abgasstrang (2) mittels einer Verzweigung (5) in einen ersten Abgasteilstrang (6) und einen zweiten Abgasteilstrang (7) aufgeteilt, wobei im ersten Abgasteilstrang (6) der Wärmespeicher (3) und im zweiten Abgasteilstrang (7) der Dampfkreislauf (4) integriert ist. Mittels einer Ventilanordnung (8) sind der erste Abgasteilstrang (6) und / oder der zweite Abgasteilstrang (7) und somit der Wärmespeicher (3) und / oder der Dampfkreislauf (4) mit Abgas beaufschlagbar. Die Ventilanordnung (8) umfasst ein erstes Absperrventil (9) im ersten Abgasteilstrang (6) und ein zweites Absperrventil (10) im zweiten Abgasteilstrang (7). Mittels einer Zusammenführung (11) sind der erste Abgasteilstrang (6) und der zweite Abgasteilstrang (7) wieder miteinander verbunden.

**[0034]** Der Wärmespeicher (3) ist über einen ersten Wärmetauscher (12) im ersten Abgasteilstrang (6) integriert, wobei der erste Wärmetauscher (12) mit dem Abgas und mit dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum Speichermedium oder vom Speichermedium zum Abgas übertragbar ist. Der Dampfkreislauf (4) ist über einen zweiten Wärmetauscher (13) im zweiten Abgasteilstrang (7) integriert, wobei der zweite Wärmetauscher (13) mit dem Abgas und mit dem Arbeitsmedium im Dampfkreislauf (4) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum Arbeitsmedium oder vom Arbeitsmedium zum Abgas übertragbar ist.

**[0035]** Der Dampfkreislauf (4) ist mit dem Wärmespeicher (3) gekoppelt, wobei ein dritter Wärmetau-

scher (14) vorgesehen ist und mit dem Arbeitsmedium im Dampfkreislauf (4) und dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Speichermedium zum Arbeitsmedium oder vom Arbeitsmedium zum Speichermedium übertragbar ist. Der Dampfkreislauf (4) umfasst somit den zweiten Wärmetauscher (13), welcher in den zweiten Abgasteilstrang (7) integriert ist, den dritten Wärmetauscher (14), welcher in den Wärmespeicher (3) integriert ist.

##### Ausführungsbeispiel Abwärmerekuperationssystem mit thermoelektrischem Generator

**[0036]** Beispielhaft wird hier eine alternative Ausführung des erfindungsgemäßen Abwärmerekuperationssystems dargestellt. In der dazugehörigen Figur zeigt:

**[0037]** **Fig. 2:** eine schematische Darstellung eines Abwärmerekuperationssystems (1) mit thermoelektrischem Generator.

**[0038]** Das erfindungsgemäß vorteilhafte Abwärmerekuperationssystem (1), dargestellt in **Fig. 2**, ist in einem Abgasstrang (2) einer Brennkraftmaschine integriert. Das Abwärmerekuperationssystem (1) umfasst einen Wärmespeicher (3) und einen thermoelektrischen Generator (15) in einer Bypassanordnung, so dass der Wärmespeicher (3) und der thermoelektrische Generator (15) zueinander parallel angeordnet sind. Innerhalb des Abwärmerekuperationssystems (1) ist der Abgasstrang (2) mittels einer Verzweigung (5) in einen ersten Abgasteilstrang (6) und einen zweiten Abgasteilstrang (7) aufgeteilt, wobei im ersten Abgasteilstrang (6) der Wärmespeicher (3) und im zweiten Abgasteilstrang (7) der thermoelektrische Generator (15) integriert sind. Mittels einer Ventilanordnung (8) sind der erste Abgasteilstrang (6) und / oder der zweite Abgasteilstrang (7) und somit der Wärmespeicher (3) und / oder der thermoelektrische Generator (15) mit Abgas beaufschlagbar. Die Ventilanordnung (8) umfasst ein erstes Absperrventil (9) im ersten Abgasteilstrang (6) und ein zweites Absperrventil (10) im zweiten Abgasteilstrang (7). Mittels einer Zusammenführung (11) sind der erste Abgasteilstrang (6) und der zweite Abgasteilstrang (7) wieder miteinander verbunden.

**[0039]** Der Wärmespeicher (3) ist über einen ersten Wärmetauscher (12) im ersten Abgasteilstrang (6) integriert, wobei der erste Wärmetauscher (12) mit dem Abgas und mit dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum Speichermedium oder vom Speichermedium zum Abgas übertragbar ist. Der thermoelektrische Generator (15) ist über einen zweiten Wärmetauscher (13) im zweiten Abgasteilstrang (7) integriert, wobei der zweite Wärmetauscher (13) mit dem Abgas und mit einem ersten Thermoelement (16) im

thermoelektrischen Generator (15) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum ersten Thermoelement (16) oder vom ersten Thermoelement (16) zum Abgas übertragbar ist.

**[0040]** Der thermoelektrische Generator (15) ist mit dem Wärmespeicher (3) gekoppelt, wobei ein dritter Wärmetauscher (14) vorgesehen ist, welcher mit einem zweiten Thermoelement (17) im thermoelektrischen Generator (15) und dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Speichermedium zum zweiten Thermoelement (17) oder vom zweiten Thermoelement (17) zum Speichermedium übertragbar ist.

**[0041]** Der thermoelektrische Generator (15) ist weiterhin mit einer Kühleinrichtung (18) gekoppelt, wobei ein vierter Wärmetauscher (19) vorgesehen ist, welcher mit dem ersten Thermoelement (16), dem zweiten Thermoelement (17) und einem Kühlmedium in der Kühleinrichtung (18) in Wirkverbindung steht und Wärme vom ersten Thermoelement (16) und vom zweiten Thermoelement (17) zum Kühlmedium übertragbar ist.

**[0042]** Der thermoelektrische Generator (15) umfasst somit den zweiten Wärmetauscher (13), welcher in den zweiten Abgasteilstrang (7) integriert ist, den dritten Wärmetauscher (14), welcher in den Wärmespeicher (3) integriert ist und einen vierten Wärmetauscher (19), welcher in die Kühleinrichtung (18) integriert ist.

Ausführungsbeispiel Abwärmerecuperationssystem mit thermoelektrischem Generator

**[0043]** Beispielhaft wird hier eine weitere alternative Ausführung des erfindungsgemäßen Abwärmerecuperationssystems dargestellt. In der dazugehörigen Figur zeigt:

**[0044]** Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Abwärmerecuperationssystems (1) mit thermoelektrischem Generator.

**[0045]** Das erfindungsgemäß vorteilhafte Abwärmerecuperationssystem (1), dargestellt in Fig. 3, ist in einem Abgasstrang (2) einer Brennkraftmaschine integriert. Das Abwärmerecuperationssystem (1) umfasst einen Wärmespeicher (3) und einen thermoelektrischen Generator (15) in einer Bypassanordnung, so dass der Wärmespeicher (3) und der thermoelektrische Generator (15) zueinander parallel angeordnet sind. Innerhalb des Abwärmerecuperationssystems (1) ist der Abgasstrang (2) mittels einer Verzweigung (5) in einen ersten Abgasteilstrang (6) und einen zweiten Abgasteilstrang (7) aufgeteilt, wobei im ersten Abgasteilstrang (6) der Wärmespeicher (3) und im zweiten Abgasteilstrang (7) der thermoelektrische Generator (15) integriert sind. Mittels einer Ven-

tilanordnung (8) sind der erste Abgasteilstrang (6) und / oder der zweite Abgasteilstrang (7) und somit der Wärmespeicher (3) und / oder der thermoelektrische Generator (15) mit Abgas beaufschlagbar. Die Ventilanordnung (8) umfasst ein erstes Absperrventil (9) im ersten Abgasteilstrang (6) und ein zweites Absperrventil (10) im zweiten Abgasteilstrang (7). Mittels einer Zusammenführung (11) sind der erste Abgasteilstrang (6) und der zweite Abgasteilstrang (7) wieder miteinander verbunden.

**[0046]** Der Wärmespeicher (3) ist über einen ersten Wärmetauscher (12) im ersten Abgasteilstrang (6) integriert, wobei der erste Wärmetauscher (12) mit dem Abgas und mit dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum Speichermedium oder vom Speichermedium zum Abgas übertragbar ist. Der thermoelektrische Generator (15) ist über einen zweiten Wärmetauscher (13) im zweiten Abgasteilstrang (7) integriert, wobei der zweite Wärmetauscher (13) mit dem Abgas und mit einem ersten Thermoelement (16) im thermoelektrischen Generator (15) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Abgas zum ersten Thermoelement (16) oder vom ersten Thermoelement (16) zum Abgas übertragbar ist.

**[0047]** Der thermoelektrische Generator (15) ist mit dem Wärmespeicher (3) gekoppelt, wobei ein dritter Wärmetauscher (14) vorgesehen ist, welcher mit einem zweiten Thermoelement (17) im thermoelektrischen Generator (15) und dem Speichermedium im Wärmespeicher (3) in Wirkverbindung steht und Wärme vom Speichermedium zum zweiten Thermoelement (17) oder vom zweiten Thermoelement (17) zum Speichermedium übertragbar ist. Das zweite Thermoelement (17) ist weiterhin mit dem zweiten Wärmetauscher (13) und somit mit dem ersten Thermoelement (16) gekoppelt, wobei Wärme zwischen ersten Thermoelement (16), zweiten Thermoelement (17) und Abgas übertragbar ist.

**[0048]** Der thermoelektrische Generator (15) ist weiterhin mit einer Kühleinrichtung (18) gekoppelt, wobei ein vierter Wärmetauscher (19) vorgesehen ist, welcher mit dem ersten Thermoelement (16) und einem Kühlmedium in der Kühleinrichtung (18) in Wirkverbindung steht und Wärme vom ersten Thermoelement (16) zum Kühlmedium übertragbar ist.

**[0049]** Der thermoelektrische Generator (15) umfasst somit den zweiten Wärmetauscher (13), welcher in den zweiten Abgasteilstrang (7) integriert ist, den dritten Wärmetauscher (14), welcher in den Wärmespeicher (3) integriert ist und einen vierten Wärmetauscher (19), welcher in die Kühleinrichtung (18) integriert ist.

### Ausführungsbeispiel Abwärmerekuperationsverfahren

**[0050]** Beispielhaft wird hier eine Ausführung des erfindungsgemäßen Abwärmerekuperationsverfahrens unter Verwendung des erfindungsgemäßen Abwärmerekuperationssystems dargestellt. In den dazugehörigen Figuren zeigt:

**[0051] Fig. 4:** eine schematische Darstellung des Abwärmerekuperationssystems (1) in einem ersten Betriebszustand,

**Fig. 5:** eine schematische Darstellung des Abwärmerekuperationssystems (1) in einem zweiten Betriebszustand und

**Fig. 6:** eine schematische Darstellung des Abwärmerekuperationssystems (1) in einem dritten Betriebszustand.

**[0052]** Das erfindungsgemäß vorteilhafte Abwärmerekuperationsverfahren unter Verwendung des erfindungsgemäßen Abwärmerekuperationssystems, dargestellt in **Fig. 1**, beinhaltet den Betrieb der Ventilanordnung (8), wobei das beim Betrieb der Brennkraftmaschine entstehende Abgas von der Verzweigung (5) zur Zusammenführung (11) über den ersten Abgasteilstrang (6) zum Wärmespeicher (3) und / oder über den zweiten Abgasteilstrang (7) zu einer Energierückgewinnungseinrichtung (20) geleitet wird. Die Energierückgewinnungseinrichtung (20) kann gemäß dem Ausführungsbeispiel des Abwärmerekuperationssystems mit Dampfkreislauf als Dampfkreislauf (4) oder gemäß dem Ausführungsbeispiel des Abwärmerekuperationssystems mit thermoelektrischem Generator als thermoelektrischer Generator (15) ausgeführt sein.

**[0053]** Die Ventilanordnung (8) wird dabei in Abhängigkeit des Angebots an Abgaswärme, des Speicherzustands des Wärmespeichers (3), sowie in Abhängigkeit der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung (20) betrieben. Zur Beurteilung der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung (20) wird auch der Speicherzustand des Wärmespeichers (3) einbezogen, da die Energierückgewinnungseinrichtung (20) sowohl mittels der Wärme des Abgases aus dem zweiten Abgasteilstrang (7) über den zweiten Wärmetauscher (13), als auch mittels der Wärme des Speichermediums aus dem Wärmespeicher (3) über den dritten Wärmetauscher (14) betrieben wird.

**[0054]** Die Ventilanordnung (8) kann dabei einen ersten Betriebszustand annehmen, dargestellt in **Fig. 4**, bei welchem das Abgas mit hoher Abgastemperatur über den ersten Abgasteilstrang (6) geleitet wird, wenn das Abgas mittels des Wärmespeichers (3) zum Bauteilschutz, insbesondere für den Schutz der Energierückgewinnungseinrichtung (20) gekühlt werden soll. Der erste Betriebszustand der

Ventilanordnung (8) kann zudem zur Aufwärmung einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (nicht dargestellt) benutzt werden, indem Abgas mit niedriger Abgastemperatur mit Wärme aus dem Wärmespeicher erwärmt wird.

**[0055]** Die Ventilanordnung (8) kann weiter einen zweiten Betriebszustand annehmen, dargestellt in **Fig. 5**, bei welchem das Abgas über den zweiten Abgasteilstrang (7) geleitet wird, wenn Wärme aus dem Abgas an das Wirkmedium der Energierückgewinnungseinrichtung (20) zur Abwärmerekuperation übertragen werden soll.

**[0056]** Die Ventilanordnung (8) kann weiter einen dritten Betriebszustand annehmen, dargestellt in **Fig. 6**, bei welchem Abgas mit hoher Abgastemperatur über den ersten Abgasteilstrang (6) und über den zweiten Abgasteilstrang (7) geleitet wird, wobei das Abgas zwischen dem ersten Abgasteilstrang (6) und dem zweiten Abgasteilstrang (7) derart aufgeteilt wird, dass in Abhängigkeit des Speicherzustands des Wärmespeichers (3), sowie in Abhängigkeit der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung (20) eine maximal mögliche Abwärmerekuperation über die Energierückgewinnungseinrichtung (20) erfolgen kann.

#### Bezugszeichenliste

1	Abwärmerekuperationssystem
2	Abgasstrang
3	Wärmespeicher
4	Dampfkreislauf
5	Verzweigung
6	erster Abgasteilstrang
7	zweiter Abgasteilstrang
8	Ventilanordnung
9	erstes Absperrventil
10	zweites Absperrventil
11	Zusammenführung
12	erster Wärmetauscher
13	zweiter Wärmetauscher
14	dritter Wärmetauscher
15	thermoelektrischer Generator
16	erstes Thermoelement
17	zweites Thermoelement
18	Kühleinrichtung
19	vierter Wärmetauscher
20	Energierückgewinnungseinrichtung



### Patentansprüche

1. Abwärmerekuperationssystem (1) mit einem Wärmespeicher (3) und einer Energierückgewinnungseinrichtung (20) in einem Abgasstrang (2), wobei der Abgasstrang (2) mittels einer Verzweigung (5) und einer Zusammenführung (11) in einen ersten Abgasteilstrang (6) und einen zweiten Abgasteilstrang (7) aufgeteilt ist und im ersten Abgasteilstrang (6) der Wärmespeicher (3) mittels eines ersten Wärmetauschers (12) und im zweiten Abgasteilstrang (7) die Energierückgewinnungseinrichtung (20) mittels eines zweiten Wärmetauschers (13) integriert ist, so dass der Wärmespeicher (3) und die Energierückgewinnungseinrichtung (20) zueinander parallel angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierückgewinnungseinrichtung (20) mittels eines dritten Wärmetauschers (14) mit dem Wärmespeicher (3) gekoppelt ist.

2. Abwärmerekuperationssystem (1) nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels einer Ventilanordnung (8) der erste Abgasteilstrang (6) und / oder der zweite Abgasteilstrang (7) und somit der Wärmespeicher (3) und / oder die Energierückgewinnungseinrichtung (20) mit Abgas beaufschlagbar sind, wobei mittels der Ventilanordnung (8) der erste Abgasteilstrang (6) in den Abgasstrang (2) integriert oder nicht integriert ist und der zweite Abgasteilstrang (7) in den Abgasstrang (2) integriert oder nicht integriert ist.

3. Abwärmerekuperationssystem (1) nach einem der Patentansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierückgewinnungseinrichtung (20) als Dampfkreislauf (4) ausgeführt ist, und der Dampfkreislauf (4) den zweiten Wärmetauscher (13), den dritten Wärmetauscher (14) sowie eine Expansionsmaschine, einen Kondensator und eine Förderpumpe umfasst.

4. Abwärmerekuperationssystem (1) nach einem der Patentansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierückgewinnungseinrichtung (20) als thermoelektrischer Generator (15) ausgeführt ist, und der thermoelektrische Generator (15) den zweiten Wärmetauscher (13) und den dritten Wärmetauscher (14) auf seiner Hochtemperaturseite und einen mit einer Kühleinrichtung (18) gekoppelten vierten Wärmetauscher (19) auf seiner Niedertemperaturseite sowie ein erstes Thermoelement (16) und ein zweites Thermoelement (17) umfasst, wobei das erste Thermoelement (16) mit dem zweiten Wärmetauscher (13) und dem vierten Wärmetauscher (19) und das zweite Thermoelement (17) mit dem dritten Wärmetauscher (14) und dem vierten Wärmetauscher (19) wirkverbunden ist.

5. Abwärmerekuperationssystem (1) nach einem der Patentansprüche 1 oder 2, **dadurch gekenn-**

**zeichnet**, dass die Energierückgewinnungseinrichtung (20) als thermoelektrischer Generator (15) ausgeführt ist, und der thermoelektrische Generator (15) den zweiten Wärmetauscher (13) und den dritten Wärmetauscher (14) auf seiner Hochtemperaturseite und einen mit einer Kühleinrichtung (18) gekoppelten vierten Wärmetauscher (19) auf seiner Niedertemperaturseite sowie ein erstes Thermoelement (16) und ein zweites Thermoelement (17) umfasst, wobei das erste Thermoelement (16) mit dem zweiten Wärmetauscher (13) und dem vierten Wärmetauscher (19) und das zweite Thermoelement (17) mit dem dritten Wärmetauscher (14) und dem zweiten Wärmetauscher (13) wirkverbunden ist.

6. Abwärmerekuperationsverfahren zum Betrieb des Abwärmerekuperationssystems nach Patentanspruch 1 mittels der Ventilanordnung (8), wobei Abgas von einer Verzweigung (5) zu einer Zusammenführung über einen ersten Abgasteilstrang (6) mit einem Wärmespeicher (3) und / oder über einen zweiten Abgasteilstrang (7) mit einer Energierückgewinnungseinrichtung (20) geleitet wird, und die Ventilanordnung (8) in Abhängigkeit eines Angebots an Abgaswärme, eines Speicherzustands des Wärmespeichers (3), sowie in Abhängigkeit einer Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung (20) betrieben wird, wobei zur Beurteilung der Abwärmerekuperationsfähigkeit der mittels des dritten Wärmetauschers (14) mit dem Wärmespeicher (3) gekoppelten Energierückgewinnungseinrichtung (20) der Speicherzustand des Wärmespeichers (3) einbezogen wird.

7. Abwärmerekuperationsverfahren nach Patentanspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilanordnung (8) einen ersten Betriebszustand annimmt, bei welchem das Abgas über den ersten Abgasteilstrang (6) geleitet wird, wenn das Abgas mit hoher Abgastemperatur mittels des Wärmespeichers (3) zum Bauteilschutz gekühlt werden soll, und die Ventilanordnung (8) einen zweiten Betriebszustand annimmt, bei welchem das Abgas über den zweiten Abgasteilstrang (7) geleitet wird, wenn Wärme aus dem Abgas an das Wirkmedium der Energierückgewinnungseinrichtung (20) zur Abwärmerekuperation übertragen werden soll.

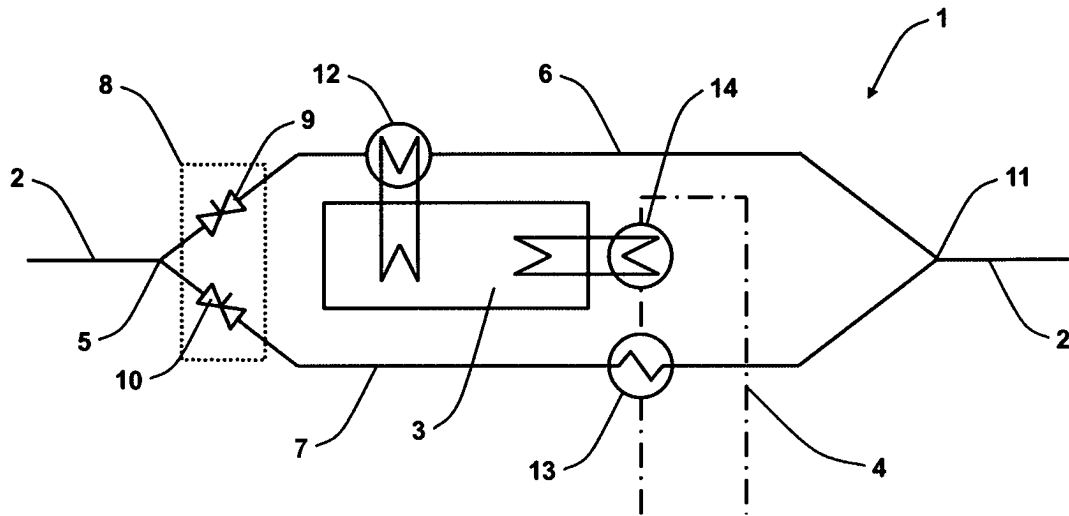
8. Abwärmerekuperationsverfahren nach einem der Patentansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilanordnung (8) den ersten Betriebszustand annimmt, bei welchem das Abgas über den ersten Abgasteilstrang (6) geleitet wird, wenn das Abgas mit niedriger Abgastemperatur mittels des Wärmespeichers (3) erwärmt werden soll.

9. Abwärmerekuperationsverfahren nach einem der Patentansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilanordnung (8) einen dritten Betriebszustand annimmt, bei welchem Abgas mit hoher

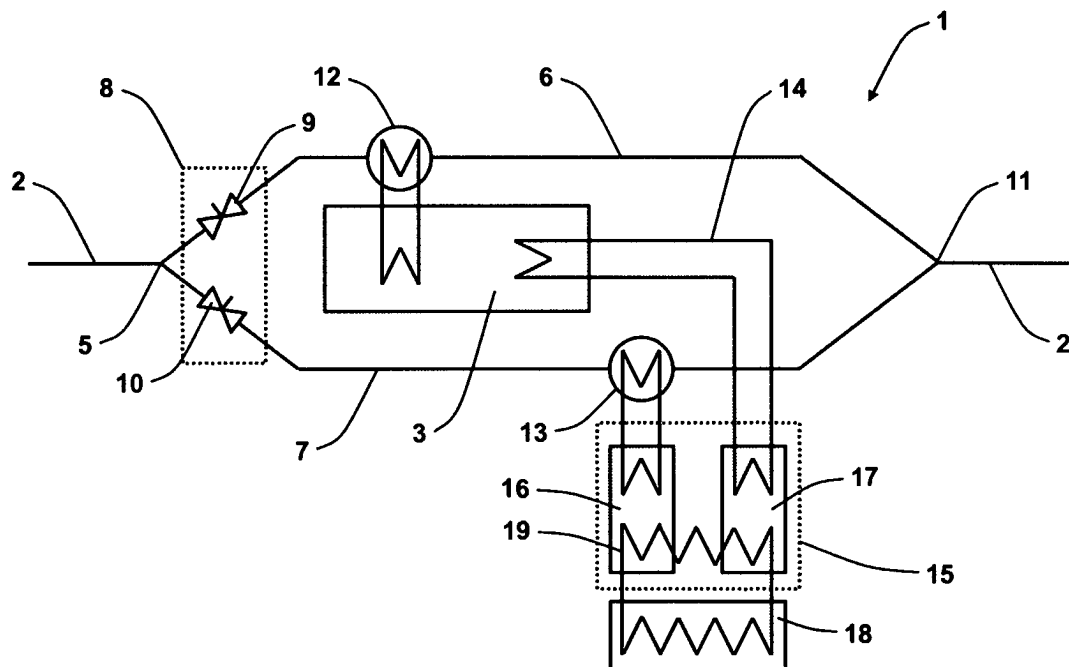
Abgastemperatur über den ersten Abgasteilstrang (6) und über den zweiten Abgasteilstrang (7) geleitet wird, wobei das Abgas zwischen dem ersten Abgasteilstrang (6) und dem zweiten Abgasteilstrang (7) derart aufgeteilt wird, dass in Abhängigkeit des Speicherzustands des Wärmespeichers (3), sowie in Abhängigkeit der Abwärmerekuperationsfähigkeit der Energierückgewinnungseinrichtung (20) eine maximal mögliche Abwärmerekuperation über die Energierückgewinnungseinrichtung (20) erfolgen kann.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

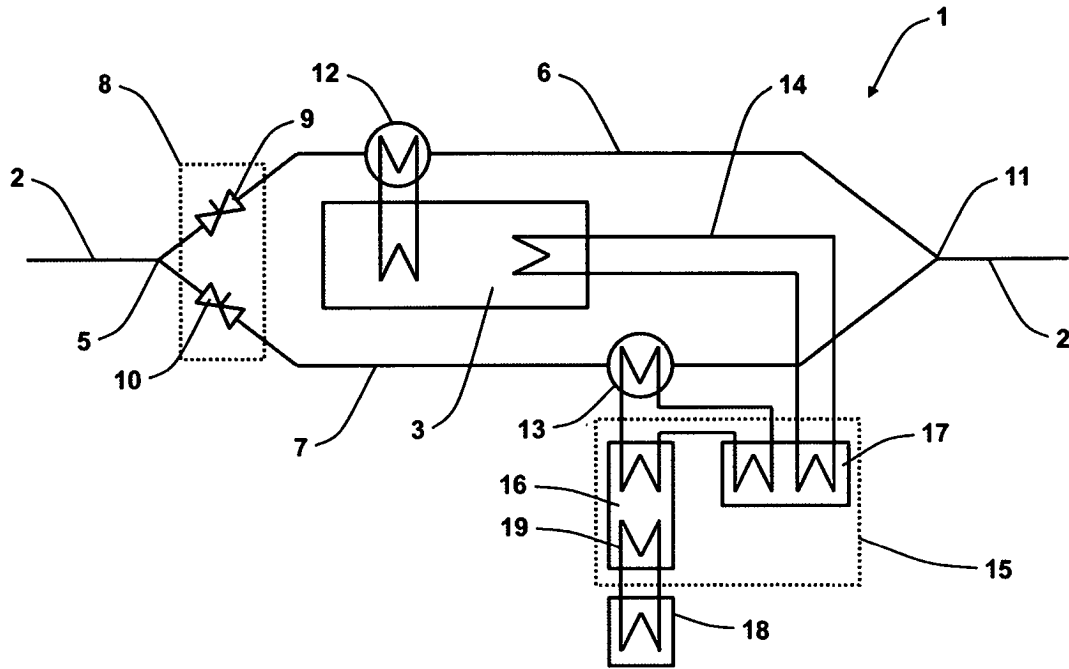
Anhängende Zeichnungen



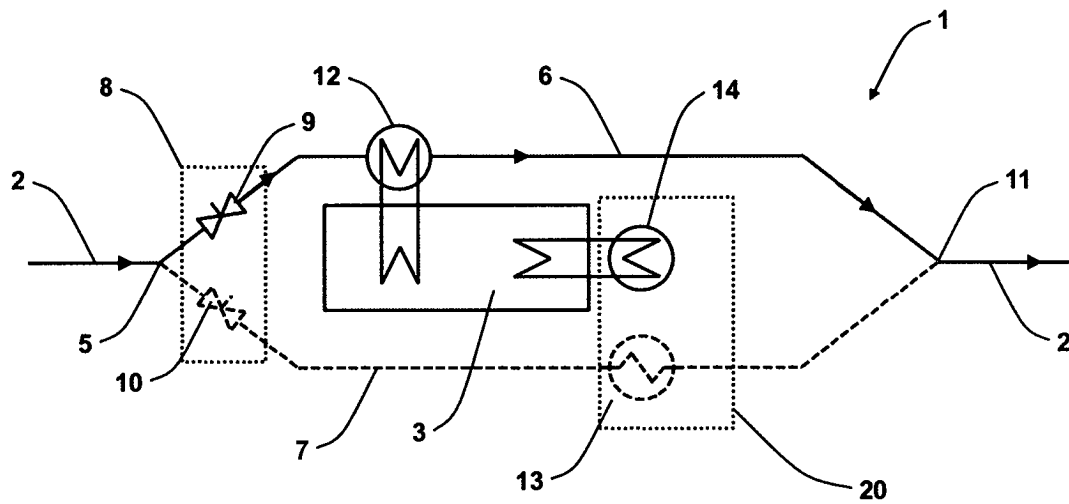
**FIGUR 1**



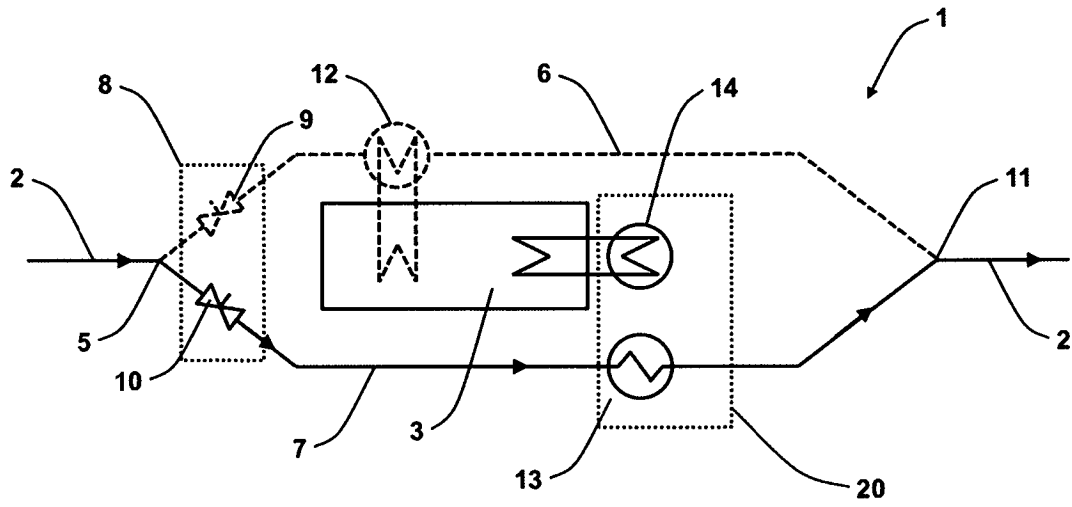
**FIGUR 2**



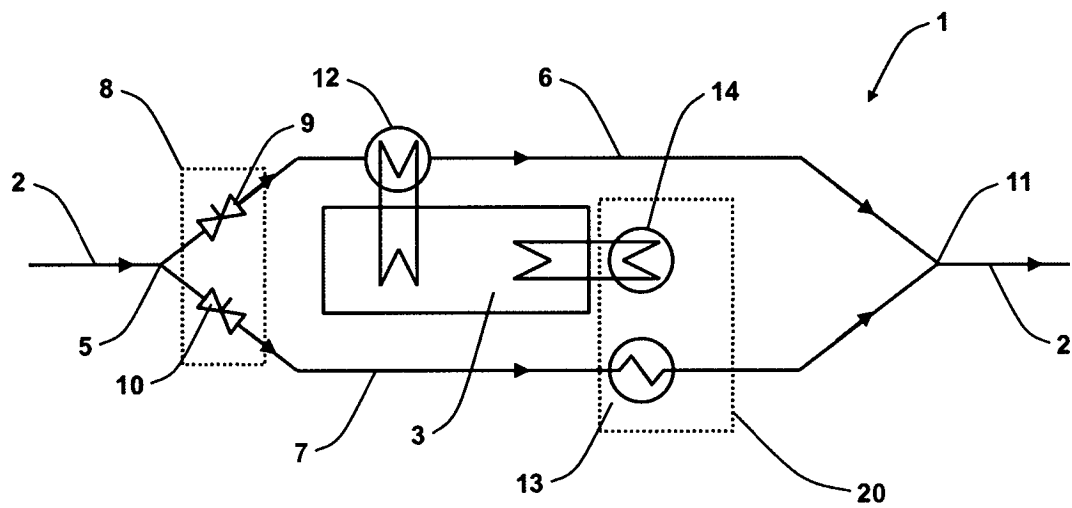
**FIGUR 3**



**FIGUR 4**



**FIGUR 5**



**FIGUR 6**