



(10) **DE 10 2012 102 943 A1** 2013.10.10

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 102 943.1**

(22) Anmeldetag: **04.04.2012**

(43) Offenlegungstag: **10.10.2013**

(51) Int Cl.: **F02G 5/02 (2013.01)**

**F01N 5/02 (2012.01)**

**F02M 31/125 (2012.01)**

**F28D 21/00 (2012.01)**

**B60H 1/00 (2012.01)**

**B60H 1/22 (2012.01)**

**F02M 31/087 (2013.01)**

(71) Anmelder:  
**Benteler Automobiltechnik GmbH, 33102,  
Paderborn, DE**

(74) Vertreter:  
**Bockermann Ksoll Griepenstroh Osterhoff, 44791,  
Bochum, DE**

(72) Erfinder:  
**Przybylski, Sven, 33104, Paderborn, DE; Rabe,  
Frank, 32120, Hiddenhausen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 103 08 585 A1**

**DE 195 37 800 A1**

**US 2009 / 0 281 713 A1**

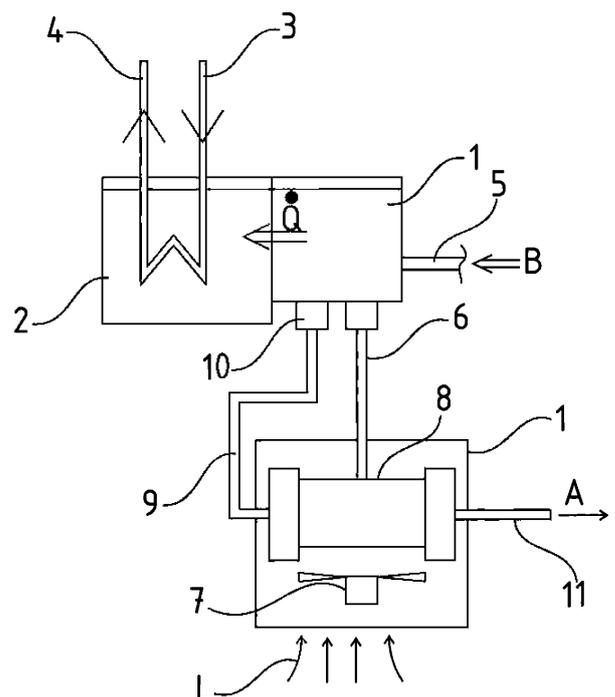
**US 2010 / 0 071 348 A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Wärmetauscheranordnung sowie Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmetauscheranordnung für ein Kraftfahrzeug, wobei ein Wärmetauscher (8) in einem Abgasstrang einer Verbrennungseinrichtung (1) angeordnet ist und dann die Verbrennungseinrichtung (1) an einen Verdampfer (2) für eine Mikro-Kraft-Wärme Kopplung angeschlossen ist. Die nicht genutzte abgeführte Abgasenergie wird erfindungsgemäß dazu genutzt, um die für die Verbrennung in der Verbrennungseinrichtung (1) angesaugte Frischluft (L) und/oder den Brennstoff (B) vorzuwärmen. Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen Anordnung.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmetauscheranordnung gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 1.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Kombinationsgerät gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 12.

**[0003]** Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungseinrichtung gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 13.

**[0004]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, Kraftfahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen anzutreiben, wobei die Verbrennungskraftmaschine eine im Kraftstoff enthaltene chemische Energie durch den Verbrennungsprozess in mechanische Fortbewegungsenergie umwandelt. Der Umwandlungsprozess ist dem thermischen Wirkungsgrad des anwendbaren Kreis-Prozesses unterlegen, wonach ein theoretischer Wirkungsgrad zur Umwandlung der chemischen Energie in mechanische Energie nach dem Seiliger-Prozess  $\eta_{th} = 1 - (T_5 - T_1) / [T_3 - T_2 + K(T_4 - T_3)]$ , beträgt, wobei  $T_1$  die Temperatur der eintretenden Frischluft,  $T_2$  die Temperatur der verdichteten Frischluft,  $T_3$  die Temperatur der Verbrennung bei maximalem Druck,  $T_4$  die Temperatur zum Brennschluss und  $T_5$  die Temperatur des Abgases ist.  $K$  bezeichnet den Isentropenexponent. Die restliche bei der Verbrennung vorhandene Energie wird als Verlust in Folge von Wärme über den Motorblock, über Wärmetauscher oder aber über das Abgas abgegeben.

**[0005]** Weiterhin sind aus dem Stand der Technik verschiedene Ansätze bekannt, die abgegebene Wärme weiter zum Betreiben des Kraftfahrzeugs zu nutzen. So wird beispielsweise über Wärmetauscher der Kraftfahrzeuginnenraum mit Hilfe der Wärme geheizt. Ferner gibt es Ansätze, wonach die Wärme für weitere Energieerzeugungsprozesse genutzt wird. So kann beispielsweise mit Hilfe der im Abgas enthaltenen Wärme eine Temperaturdifferenz zu einer Kältesenke hergestellt werden und die Temperaturdifferenz dazu genutzt werden, mit Hilfe des Seebeck-Effekts Wärmeenergie in elektrische Energie zu wandeln.

**[0006]** Ein weiterer Ansatz ist die Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung, wonach ein thermodynamischer Kreisprozess mit an die Verbrennungskraftmaschine angeschlossen ist, wobei die bei der Verbrennung entstandene Wärme zum Verdampfen des Arbeitsmediums des thermodynamischen Kreisprozesses genutzt wird.

**[0007]** Da fossile Brennstoffe nur in begrenzter Anzahl vorhanden sind, ist es das ständige Bestre-

ben der Kraftfahrzeugindustrie alternative Antriebskonzepte zu entwickeln. So rückt seit einigen Jahren die Elektromobilität immer mehr in den Vordergrund, wobei hier an Stelle der Verbrennungskraftmaschine ein Elektromotor eingesetzt wird, der die notwendige Antriebsenergie zur Fortbewegung des Kraftfahrzeugs bereitstellt. Zur Speicherung der elektrischen Energie innerhalb des Kraftfahrzeugs werden Akkumulatoren eingesetzt, die mitunter bis zu mehreren einhundert Kilogramm wiegen können. Bei Einsatz eines elektrischen Antriebs in einem Kraftfahrzeug entfallen jedoch die mit einer Verbrennungskraftmaschine gekoppelten Nebenaggregate wie beispielsweise Klimaanlage, Fahrzeugheizung, Servopumpe oder Ähnliche. Die Temperatur des Kraftfahrzeuginnenraums muss jedoch unabhängig von der Antriebsquelle einstellbar sein, so dass im Winter der Fahrzeuginnenraum geheizt werden kann und gegebenenfalls im Sommer gekühlt werden kann.

**[0008]** Ferner ist die in dem Akkumulator zu speichernde elektrische Energie derart begrenzt, dass aktuelle Reichweiten von Elektrofahrzeugen im Fahrbetrieb unter Normbedingungen bei maximal 400 km liegen. Zur Erhöhung der Reichweite werden wiederum Verbrennungseinrichtungen in Elektrofahrzeugen angeordnet, die als Range Extender dienen und die Funktion eines Stromerzeugeraggregates übernehmen. Ein Range Extender ist somit eine Verbrennungseinrichtung, die durch Verbrennung von Frischluft und Brennstoff die in dem Brennstoff enthaltene chemische Energie in mechanische Energie umwandelt und damit einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Ferner kann die dabei entstehende Wärme wiederum zur Fahrzeugklimatisierung genutzt werden.

**[0009]** Außerdem sind aus dem Stand der Technik Heizgeräte oder aber Standheizungen bekannt, die in Kraftfahrzeugen verbaut sind, wobei die Heizgeräte oder Standheizungen durch Verbrennung von Brennstoff und Frischluft Wärme erzeugen, die zur Fahrzeugklimatisierung genutzt wird.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ausgehend vom Stand der Technik, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren bereitzustellen, mit denen es möglich ist, in einem Verbrennungsprozess mit angeschlossener Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere im Einsatz in Kraftfahrzeugen, die Energieausnutzung des Brennstoffs weiter zu steigern.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung wird mit einer Wärmetauscheranordnung, insbesondere mit einer Kraftfahrzeugwärmetauscheranordnung, gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 1 gelöst.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung wird weiterhin mit einem Kombinationsgerät mit integrierter Verbren-

nungseinrichtung gemäß den Merkmalen im Patentanspruch 12 gelöst.

**[0013]** Der verfahrenstechnische Teil der Aufgabe wird weiterhin mit einem Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungseinrichtung mit einer Wärmetauscheranordnung gemäß den Merkmalen im Patentanspruch 13 gelöst.

**[0014]** Vorteilhafte Ausführungsvarianten der vorliegenden Erfindung sind Bestandteil der abhängigen Patentansprüche.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Wärmetauscheranordnung, insbesondere Kraftfahrzeugwärmetauscheranordnung, für einen Abgasstrang einer Verbrennungseinrichtung, wobei die Verbrennungseinrichtung Frischluft und Brennstoff verbrennt und an den Abgasstrang der Verbrennungseinrichtung ein Verdampfer und/oder ein Kessel für einen thermodynamischen Kreisprozess angeschlossen ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas, welches bei der Verbrennung der Frischluft und des Brennstoffs in der Verbrennungseinrichtung entsteht, durch einen Wärmetauscher zur Vorerwärmung der Frischluft und/oder des Brennstoffs leitbar ist.

**[0016]** Mit der erfindungsgemäßen Wärmetauscheranordnung ist es mithin möglich, unter Nutzung der im Abgas der Verbrennungseinrichtung enthaltenen thermischen Energie die für die Verbrennungseinrichtung angesaugte Frischluft und/oder den zugeführten Brennstoff vorzuwärmen. Die im Abgas enthaltene thermische Energie wird somit genutzt, wodurch die Effizienz des Gesamtsystems der Verbrennungseinrichtung mit der erfindungsgemäßen Wärmetauscheranordnung gesteigert wird. Insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen ist das System hocheffizient, da das Temperaturgefälle zwischen der aus der Umgebung angesaugten Frischluft und des Abgases hoch ist, so dass ebenfalls eine hohe Wärmeübergabe bzw. im Wärmeabgas enthaltene Wärme an die angesaugte Frischluft möglich ist. Es ist jedoch gleichzeitig oder aber alternativ auch möglich, den der Verbrennungseinrichtung zugeführten Brennstoff ebenfalls vorzuwärmen. Ein weiterer vorteilhafter Effekt ist es, dass die Abgastemperaturen auf ein unterkritisches Niveau gesenkt werden. So ist es beispielsweise möglich, durch entsprechende Dimensionierung des Wärmetauschers das Abgas auf nahezu die Temperatur der Frischluft, mithin der Umgebungsluft abzusinken.

**[0017]** Insbesondere bei einem Heizgerät, beispielsweise einer Standheizung, wird somit eine kompakte Bauweise des Gesamtsystems möglich, welches wiederum gekapselt werden kann und an die Umgebung allenfalls warme Abgase abgibt, nicht jedoch heiße Abgase.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Wärmetauscheranordnung ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher einen Abgaskanal und einen Frischluftkanal und/oder einen Brennstoffkanal aufweist. Somit ist es möglich, durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher zum einen das durch die Verbrennungseinrichtung abgegebene Abgas durch den Abgaskanal zu führen. Durch den Frischluftkanal ist es ferner möglich, die aus der Umgebung angesaugte oder aber auch alternativ durch einen Verdichter vorverdichtete Frischluft zu führen. Optional oder aber alternativ weist der Wärmetauscher ferner einen Brennstoffkanal zur Durchleitung des für die Verbrennung in der Verbrennungseinrichtung notwendigen Brennstoffs auf. Der Wärmetauscher kann erfindungsgemäß für den Abgaskanal oder aber für den Frischluftkanal auch mehrere miteinander gekoppelte oder aber optional zuschaltbare Kanäle aufweisen. Der Wärmetauscher kann dazu beispielsweise als Spiralwärmetauscher oder aber auch als Plattenwärmetauscher ausgebildet sein.

**[0019]** Insbesondere ist der Wärmetauscher als Luft/Luft Wärmetauscher ausgebildet, wonach zum einen durch den Abgaskanal das Abgas der Verbrennungseinrichtung geführt wird und zum anderen durch den Frischluftkanal die für die Verbrennung notwendige Frischluft. Insbesondere ist der Wärmetauscher derart dimensioniert, dass ein optimaler Wärmeübergang des gasförmigen Abgases an die gasförmige Frischluft erfolgt. Insbesondere ist der Wärmetauscher durch Ausgestaltung der Geometrie, des Wärmetauscherprinzips und der zur Verfügung stehenden Wärmetauscherfläche optimal als Luft/Luft Wärmetauscher ausgebildet. So wird beispielsweise ein Werkstoff ausgewählt, der einen hohen Wärmeübergang von einem gasförmigen Medium zu einem zweiten gasförmigen Medium ermöglicht. Ebenfalls ist es weiterhin möglich, je nach zu erwartendem Temperaturgefälle, den Wärmetauscher im Gleichstrom-, Gegenstrom- oder aber Kreuzstromprinzip oder aber in einer Mischform der zuvor genannten Wärmetauscherprinzipien auszugestalten. Darüber hinaus können sowohl im Abgaskanal, als auch im Frischluftkanal des Wärmetauschers Wärmetauscherrippen angeordnet sein, die die zur Wärmetauschung verfügbare Oberfläche vergrößern.

**[0020]** Ferner ist die Verbrennungseinrichtung als Range Extender oder aber als Heizgerät ausgebildet. Hier entspricht die Flammentemperatur der Verbrennung unter Normbedingungen, bei 20°C Außentemperatur und einem Druck von 1013 hPa in etwa 1000°C bei Verbrennung von Methan und 1600°C bei Verbrennung von Flüssigkraftstoff, beispielsweise leichtes Heizöl oder aber Diesel. In der Abgasleitung selbst tritt dann eine Abgastemperatur von bis zu 650°C auf. Durch die Frischluftvorerwärmung können die Flammen- und die Abgastemperatur jedoch noch die zuvor genannten Werte übersteigen. Die er-

findungsgemäße Wärmetauscheranordnung ist vorzugsweise durch Vorauslegung und Dimensionierung auf die maximal zu erwartenden Abgastemperaturen anzupassen, so dass ein optimaler Wärmeübergang von Abgas an Frischluft oder aber alternativ auch an den Brennstoff erfolgt.

**[0021]** Weiterhin besonders bevorzugt ist dem Wärmetauscher ein Verdichter zur Komprimierung der Frischluft vorgeschaltet. Bei dem Verdichter zur Komprimierung der Frischluft handelt es sich einfachster Ausführungsvariante um einen Ventilator, der die Frischluft ansaugt und der Verbrennungseinrichtung zuführt und dabei bereits vorverdichtet. Im Rahmen der Erfindung ist es jedoch auch möglich, einen Kompressor oder aber einen anderen Ladertypen der Verbrennungseinrichtung vorzuschalten und die durch den Verdichter komprimierte Frischluft in dem Wärmetauscher mit Hilfe des bei der Verbrennung entstehenden Abgases vorzuwärmen.

**[0022]** Weiterhin bevorzugt ist an dem Wärmetauscher ein Oxidationskatalysator angeordnet und/oder der Wärmetauscher selbst ist als Katalysator mit ausgebildet, insbesondere ist der Wärmetauscher beschichtet, besonders bevorzugt ist der Abgaskanal von innen beschichtet. Durch den dem Wärmetauscher zugeordneten Oxidationskatalysator ist es möglich, die bei der Verbrennung entstehenden Schadstoffe auf ein unterkritisches Niveau zu senken, sodass das Abgas den Gesetzesanforderungen entspricht und für Lebewesen in unmittelbarer und mittelbarer Umgebung der Verbrennungseinrichtung unkritisch ist.

**[0023]** Im Rahmen der Erfindung ist es insbesondere möglich, den Wärmetauscher selbst als Katalysator auszubilden, sodass das durch den Abgaskanal des Wärmetauschers geführte Abgas bereits in diesem katalysiert wird. Im Rahmen der Erfindung wird besonders bevorzugt der Wärmetauscher selber als Katalysator ausgebildet, wobei der Abgaskanal insbesondere als Wabenstruktur ausgebildet ist und mit einem Katalyt beschichtet ist. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein platinhaltiges Katalyt handeln. Die Initialtemperatur eines katalysch beschichteten Wärmetauschers oder eines an den Wärmetauscher angeschlossenen Oxidationskatalysators beträgt je nach Zusammensetzung des Abgases und Art des Katalysators zwischen 200°C und 250°C. Mit dem Durchströmen des Abgases durch den Wärmetauscher sinkt die Temperatur des Abgases, so dass diese an dem Ausgang des Wärmetauschers oder aber am Abgasaustrittsrohr bevorzugt unter 120°C, insbesondere unter 100°C liegt.

**[0024]** Weiterhin bevorzugt ist der Wärmetauscher als Schalldämpfer ausgebildet, wobei die Schalldämpfung in dem Wärmetauscher passiv und/oder aktiv erfolgt. Im Falle der passiven Schalldämpfung

innerhalb des Wärmetauschers ist es möglich durch geeignete Maßnahmen, beispielsweise die Abgasführung, also die konstruktive Ausgestaltung des Abgaskanals, den bei der Verbrennung entstehenden Schall zu dämpfen. Dies kann durch eine Labyrinthstruktur erfolgen. Ferner ist dies beispielsweise möglich durch Anordnung von Stahlwolle oder aber auch von Resonatoren innerhalb des Abgaskanals.

**[0025]** Im Falle der aktiven Schalldämpfung ist es möglich, durch geeignete Mittel einen Gegenschall zu erzeugen, so dass der bei der Verbrennung entstehende Abgasschall durch den Gegenschall gedämpft wird und auf ein gewünschtes oder aber unterkritisches Niveau gesenkt wird.

**[0026]** Ferner ist der Wärmetauscher, insbesondere der Abgaskanal des Wärmetauschers, aus Edelstahl oder Aluminium ausgebildet. Hierdurch ist es zum einen möglich, bei entstehenden korrosiven Eigenschaften des Abgases der Verbrennungseinrichtung den Wärmetauscher aus Edelstahl auszubilden, so dass eine hohe Langlebigkeit des Systems gewährleistet ist. Es ist jedoch auch möglich, den Wärmetauscher selbst aus Aluminium auszubilden, so dass die sehr guten Wärmeleitfähigkeiten des Aluminiumwerkstoffs dazu genutzt werden können, insbesondere bei einem Luftwärmetauscher den Wärmeübergang von einem gasförmigen Medium zu dem anderen gasförmigen Medium zu ermöglichen. Ferner ist es durch geeignete Beschichtungsmaßnahmen möglich, beispielsweise durch eine Antikorrosionsbeschichtung die Langlebigkeit des Wärmetauschers zu erhöhen oder aber durch eine die Wärmeaufnahme-fähigkeit bzw. Wärmeleitfähigkeit erhöhende Beschichtung ist es möglich, den Wärmeübergang von einem Medium zu dem anderen Medium zu verbessern.

**[0027]** Im Rahmen der Erfindung wird weiterhin bevorzugt durch den Wärmetauscher das bei der Verbrennung in der Verbrennungseinrichtung entstehende Abgas auf einen unterkritischen Temperaturbereich abgekühlt, insbesondere wird das Abgas auf nahezu Umgebungstemperatur abgekühlt. Somit ist es möglich, das im Falle eines Standbetriebs Verletzungen oder aber auch durch heißes Abgas entstehende Unannehmlichkeiten gesenkt oder aber vermieden werden. Besonders bevorzugt wird das Abgas mit einer Rest-Temperatur von wenigstens 200°C auf unter 120°C auf die Kondensationstemperatur von Wasser, insbesondere auf unter 50°C abgekühlt. Abhängig ist die Abgasabkühlung maßgeblich auch von der Umgebungstemperatur, so dass die maximale Abkühlrate des Abgases im Wesentlichen immer durch die Umgebungstemperatur vorgegeben ist. Beispielsweise bei einer Umgebungstemperatur unterhalb des Gefrierpunkts von Wasser ist es auch möglich, das Abgas entsprechend stark abzukühlen. Bei höheren Umgebungslufttemperaturen ist es nur bedingt mög-

lich, das Abgas auf unter 50°C abzukühlen, weshalb sich hierdurch bedingt auch höhere Abgastemperaturen nach Passieren des Schalldämpfers ergeben können.

**[0028]** Weiterhin besonders bevorzugt ist der Wärmetauscher dem Verdampfer in Abgasströmungsrichtung nachgeschaltet. Besonders bevorzugt ist im Rahmen der Erfindung die Verbrennungseinrichtung mit einem thermodynamischen Kreislaufprozess gekoppelt. Der thermodynamische Kreislaufprozess ist insbesondere als Clausius Rankine Prozess ausgebildet. Hierzu wird ein Arbeitsmedium durch einen geschlossenen Kreislauf geführt und insbesondere durch eine Arbeitsmittelpumpe verdichtet, danach durch einen Verdampfer in einen gasförmigen Zustand überführt und durchläuft dann eine Turbine. In der Turbine kann die dort gewonnene Energie beispielsweise durch einen an die Turbine angeschlossenen Generator in elektrische Energie gewandelt werden. Anschließend wird das Arbeitsmittel in einem Kondensator kondensiert und in einem Sammelbehälter gesammelt und sodann wiederum von der Arbeitsmittelpumpe verdichtet. Alternativ kann auch ein Kreislauf mit einem Verdampfungskessel eingesetzt werden. Der Wärmetauscher ist insbesondere dem Verdampfer in Abgasströmungsrichtung nachgeschaltet, so dass zunächst die hohe Temperatur des Abgases zur Verdampfung des Arbeitsmittels genutzt wird und anschließend die noch im Abgas enthaltene Restwärme zur Erwärmung der angesaugten Frischluft und/oder des Brennstoffs nutzbar ist.

**[0029]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist der Wärmetauscher mit einem Bypass umströmbare, wobei der Wärmetauscher regelbar und/oder steuerbar ist. So ist es beispielsweise möglich im Kaltstartverhalten der Verbrennungseinrichtung zunächst den Wärmetauscher nahezu ohne Wärmeabgabe an die angesaugte Frischluft oder aber den Brennstoff zu durchströmen oder aber zu umströmen und bei Erreichen einer optimalen Betriebstemperatur der Verbrennungseinrichtung den Wärmetauscherbetrieb zur Vorerwärmung der Frischluft und/oder des Brennstoffs zu nutzen. Im Rahmen der Erfindung ist es ferner durch ein mögliches Steuermittel, beispielsweise eine Klappensteuerung möglich, den Wärmetauscher zu steuern oder alternativ auch zu regeln. So ist beispielsweise der Wärmetauscher durch Verstellen der Steuereinrichtung teilweise umströmbare, wobei die Intensität der Wärmeabgabe von Abgas zu Frischluft und/oder Brennstoff mit Hilfe einer Steuerung einstellbar oder aber auch regelbar ist. Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, dass nicht nur der Abgaskanal einen Bypass aufweist, sondern auch der Luftkanal und/oder der Brennstoffkanal.

**[0030]** Die zuvor genannte Aufgabe wird weiterhin durch ein kompakt bauendes Kombinationsgerät mit

einer integrierten Verbrennungseinrichtung und einem Verdampfer und/oder Kessel mit mindestens der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Wärmetauscheranordnung gelöst, wobei der Wärmetauscher mit in dem Kombinationsgerät angeordnet ist, wobei der Abgaskanal des Wärmetauschers direkt an einen Abgasaustritt der Verbrennungseinrichtung angeschlossen ist.

**[0031]** Das Kombinationsgerät bietet somit eine kompakte Bauweise, wobei der Verdampfer und/oder Kessel, die Verbrennungseinrichtung und der Wärmetauscher in einem Gehäuse untergebracht sind. Es entfällt somit vollends die Abgasleitung, wobei wenn der Wärmetauscher gleichzeitig eine Schalldämpferfunktion mitübernimmt, jegliche abgasführende Komponente außer dem Wärmetauscher selber entfallen kann. Das erfindungsgemäße Kombinationsgerät weist somit eine äußerst kompakte Bauweise auf, wobei dem Kombinationsgerät Frischluft, Brennstoff und Kondensate zugeführt werden und Dampf durch den Verdampfer und/oder den Kessel sowie Abgas über den Wärmetauscher abgeführt werden. Aufgrund der Möglichkeit, das Abgas nahezu auf Umgebungstemperatur in dem Wärmetauscher selbst abzukühlen sowie gegebenenfalls Schadstoffe innerhalb des Wärmetauschers zu reduzieren oder aber zu neutralisieren, wird ein Verletzungsrisiko an dem Kombinationsgerät für einen Benutzer eines Kraftfahrzeugs nahezu ausgeschlossen. Die Umweltbelastung durch heiße und schadstoffhaltige Abgase wird weiterhin auf ein Minimum reduziert.

**[0032]** Ferner ist es möglich bei Verwendung eines Kessels gleichzeitig auch eine Kesselmantelkühlung über die angesaugte Frischluft durchzuführen, wobei die Frischluft anschließend in dem Wärmetauscher mit Hilfe des Abgases vorerwärmt wird.

**[0033]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungseinrichtung mit einer Wärmetauscheranordnung nach mindestens einem der zuvor beschriebenen Merkmale in einem Kraftfahrzeug, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, dass die Abgaswärme der Verbrennungseinrichtung zur Vorwärmung der Frischluft und/oder des Brennstoffs genutzt wird.

**[0034]** In einer vorteilhaften Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung wird die Abgastemperatur an einer Austrittsseite des Wärmetauschers auf unter 50°C gekühlt, insbesondere auf nahezu Umgebungstemperatur, wobei besonders bevorzugt die Kühlleistung des Wärmetauschers in Abhängigkeit des Betriebspunktes der Verbrennungseinrichtung geregelt und/oder gesteuert wird.

**[0035]** Hierdurch ist es möglich, die Abgastemperatur an der Austrittsseite durch Regelung und/oder Steuerung des Wärmetauschers derart einzustellen,

dass sie eine gewünschte Austrittstemperatur erreicht, wobei die Austrittstemperatur zum einen in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Wärmeleistung des Abgases eingestellt wird und zum anderen in Abhängigkeit des Betriebspunktes der Verbrennungseinrichtung. Also kann beispielsweise bei einem höherlastigen Betriebspunkt der Verbrennungseinrichtung eine hohe Wärmetauscherleistung folgen, da aufgrund des höherlastigen Betriebspunktes auch eine erhöhte Abgastemperatur vorhanden ist. Bei Teillastbereichen oder aber auch in einer Kaltstartphase ist es weiterhin möglich, die Wärmetauscherleistung herunterzufahren oder beispielsweise im Falle eines Bypasses ganz auszusetzen, sodass zunächst die Verbrennungseinrichtung einen optimalen Betriebspunkt erreicht.

**[0036]** Weitere Vorteile, Merkmale, Aspekte und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung sind Bestandteil der folgenden Beschreibung.

**[0037]** Bevorzugte Ausführungsvarianten werden in den schematischen Figuren dargestellt. Diese dienen dem einfachen Verständnis der Erfindung. Es zeigen:

**[0038]** [Fig. 1](#) eine Anordnung aus Verbrennungseinrichtung und Wärmetauscher;

**[0039]** [Fig. 2](#) ein Funktionsschema aufeinanderfolgender Prozesse und

**[0040]** [Fig. 3](#) einen schematischen Aufbau eines Wärmetauschers mit vorgeschaltetem Kesselmantel.

**[0041]** In den Figuren werden für gleiche oder ähnliche Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet, auch wenn eine wiederholte Beschreibung aus Vereinfachungsgründen entfällt.

**[0042]** In [Fig. 1](#) dargestellt ist eine Verbrennungseinrichtung **1** mit integriertem Verdampfer **2**. Der Verdampfer **2** weist eine Zuleitung **3** zum Zuleiten eines nicht näher dargestellten Arbeitsmediums im flüssigen Zustand sowie eine Ableitung **4** zum Ableiten eines in die gasförmige Phase übergetretenen Arbeitsmediums auf. Hierzu erfolgt von der Verbrennungseinrichtung **1** zu dem Verdampfer **2** ein Wärmeübergang  $\dot{Q}$ . Die Verbrennungseinrichtung **1** weist weiterhin eine Brennstoffleitung **5** sowie eine Frischluftleitung **6** auf. Über die Brennstoffleitung **5** wird der Verbrennungseinrichtung **1** Brennstoff B zugeführt. Über die Frischluftleitung **6** wird der Verbrennungseinrichtung **1** angesaugte Frischluft L zugeführt. Die Frischluft L ist hier dargestellt über einen Vorverdichter **7** in Form eines Gebläses angesaugt und wird durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher **8** geführt. Eine Abgasleitung **9**, die an einem Abgasaustritt **10** der Verbrennungseinrichtung **1** angeschlossen ist, führt hier nicht näher dargestelltes Abgas A von der Verbrennungseinrichtung **1** durch den Wär-

metauscher **8**, so dass ein Wärmeübergang der im Abgas A enthaltenen Restwärme in die angesaugte Frischluft L erfolgt. Das Abgas A tritt dann an einem Abgasaustrittsrohr **11** in die nicht näher dargestellte Umgebung aus.

**[0043]** [Fig. 2](#) zeigt ferner ein Funktionsschema der einzelnen ablaufenden Prozesse. Zunächst wird Brennstoff B und Frischluft L der Verbrennungseinrichtung **1** zugeführt, die die im Brennstoff B enthaltene chemische Energie in thermische Energie und gegebenenfalls auch in mechanische Energie umwandelt. Hierbei entsteht Wärme, die hier dargestellt optional an einen Überhitzer **12** weitergegeben wird und von dort aus zu dem Verdampfer **2**. Der Verdampfer **2** weist wiederum eine Zuleitung **3** für ein nicht näher dargestelltes Arbeitsmedium im flüssigen Zustand auf, dass in dem Verdampfer **2** verdampft und anschließend über den Erhitzer über eine Ableitung **4** im gasförmigen Zustand abgeführt wird und dem nicht näher dargestellten Kreisprozess zugeführt wird. Die angesaugte Frischluft L wird durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher **8** geführt, wobei ein Teil der im Abgas A enthaltenen Restwärme sowie optional der Restwärme des Verdampfers **2** durch den Wärmetauscher **8** geführt wird, um die angesaugte Frischluft L vorzuerwärmen. Die erwärmte angesaugte Frischluft L wird sodann durch eine Frischluftleitung **6** der Verbrennungseinrichtung **1** zugeführt. Das Abgas A wird anschließend über ein Abgasaustrittsrohr **11** an die nicht näher dargestellte Umgebung abgegeben.

**[0044]** [Fig. 3](#) zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Wärmetauscheranordnung W, wobei hier ein Kessel **13** mit angeordnet ist. Der Kessel **13** weist ein Mantelgehäuse **14** auf sowie eine Zuleitung **3** zum Zuleiten eines fluiden Arbeitsmediums und einer Ableitung **4** zum Ableiten eines gasförmigen Arbeitsmediums. Zwischen dem Kessel **13** und dem Mantelgehäuse **14** des Kessels **13** wird angesaugte Frischluft L geleitet, die zur Kühlung des Kessels **13** eingesetzt wird. Die Frischluft L wird anschließend von einem dem Kessel **13** nachgeschalteten Vorverdichter **7** derart verdichtet, dass sich verdichtete Frischluft vL ergibt, die wiederum durch den erfindungsgemäßen Wärmetauscher **8** strömt und nach Passieren des Wärmetauschers **8** der Verbrennungseinrichtung **1** zugeführt wird. In der Verbrennungseinrichtung **1** wird wiederum Abgas A erzeugt, dass durch eine Abgasleitung **9** dem Wärmetauscher **8** zugeführt wird und hier die verdichtete Frischluft L vorerwärmt. Im Anschluss wird das Abgas A über ein Abgasaustrittsrohr **11** an die Umgebung abgegeben.

**[0045]** Alle in [Fig. 3](#) sowie auch in [Fig. 1](#) dargestellten Komponenten können in einem Kombinationsgehäuse untergebracht werden, so dass sich ein kompaktes Baumaß ergibt.

## Bezugszeichenliste

1	Verbrennungseinrichtung
2	Verdampfer
3	Zuleitung
4	Ableitung
5	Brennstoffleitung
6	Frischluffleitung
7	Vorverdichter
8	Wärmetauscher
9	Abgasleitung
10	Abgasaustritt
11	Abgasaustrittsrohr
12	Überhitzer
13	Kessel
14	Mantelgehäuse zu 13
W	Wärmetauscheranordnung
A	Abgas
L	Frischluff
vL	vorverdichtete Frischluff
B	Brennstoff
Q̇	Wärmeübergang

## Patentansprüche

1. Wärmetauscheranordnung (W), insbesondere Kraftfahrzeugwärmetauscheranordnung, für einen Abgasstrang einer Verbrennungseinrichtung (1), wobei die Verbrennungseinrichtung (1) Frischluff (L) und Brennstoff (B) verbrennt und die Verbrennungseinrichtung (1), insbesondere an den Abgasstrang der Verbrennungseinrichtung (1), ein Verdampfer (2) und/oder ein Kessel (13) für einen thermodynamischen Kreisprozess angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abgas (A) durch einen Wärmetauscher (8) zur Vorerwärmung der Frischluff (L) und/oder des Brennstoffes (B) leitbar ist.

2. Wärmetauscheranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) einen Abgaskanal und einen Frischluffkanal und/oder einen Brennstoffkanal aufweist.

3. Wärmetauscheranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) als Luft/Luft Wärmetauscher (8) ausgebildet ist.

4. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungseinrichtung (1) als Range Extender oder als Heizgerät ausgebildet ist.

5. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Wärmetauscher (8) ein Verdichter zur Komprimierung der Frischluff (L) vorgeschaltet ist.

6. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an

dem Wärmetauscher (8) ein Oxydationskatalysator angeschlossen ist und/oder dass der Wärmetauscher (8) als Katalysator ausgebildet ist, insbesondere ist der Wärmetauscher (8) beschichtet, besonders bevorzugt in dem Abgaskanal.

7. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) als Schalldämpfer ausgebildet ist, wobei die Schalldämpfung in dem Wärmetauscher (8) passiv und/oder aktiv erfolgt.

8. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8), insbesondere der Abgaskanal des Wärmetauschers (8) aus Edelstahl oder Aluminium ausgebildet ist.

9. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Wärmetauscher (8) das Abgas (A) auf einen unterkritischen Temperaturbereich abkühlbar ist, insbesondere wird das Abgas (A) auf nahezu Umgebungstemperatur abgekühlt, besonders bevorzugt ist das Abgas von einer Rest-Temperatur von wenigstens 200°C auf unter 120°C, insbesondere auf unter 50°C abkühlbar.

10. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) dem Verdampfer (2) in Abgasströmungsrichtung nachgeschaltet ist.

11. Wärmetauscheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) mit einem Bypass umströmbar ist und dass der Wärmetauscher (8) regelbar und/oder steuerbar ist.

12. Kombinationsgerät mit integrierter Verbrennungseinrichtung (1) und Verdampfer (2) und/oder Kessel (13), mindestens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (8) mit in dem Kombinationsgerät angeordnet ist, wobei der Abgaskanal des Wärmetauschers (8) direkt an einen Abgasaustritt (10) der Verbrennungseinrichtung (1) angeschlossen ist.

13. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungseinrichtung (1) mit einer Wärmetauscheranordnung (W) nach mindestens Anspruch 1 in einem Kraftfahrzeug, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgaswärme der Verbrennungseinrichtung (1) zur Vorwärmung der Frischluff (L) und/oder des Brennstoffes genutzt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgastemperatur an einer Austrittsseite des Wärmetauschers (8) auf unter 120°C auf die Kondensationstemperatur von Wasser, be-

sonders bevorzugt auf unter 50°C gekühlt wird, insbesondere auf nahezu Umgebungstemperatur, wobei besonders bevorzugt die Kühlleistung des Wärmetauschers (8) in Abhängigkeit des Betriebspunktes der Verbrennungseinrichtung (1) geregelt und/oder gesteuert wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

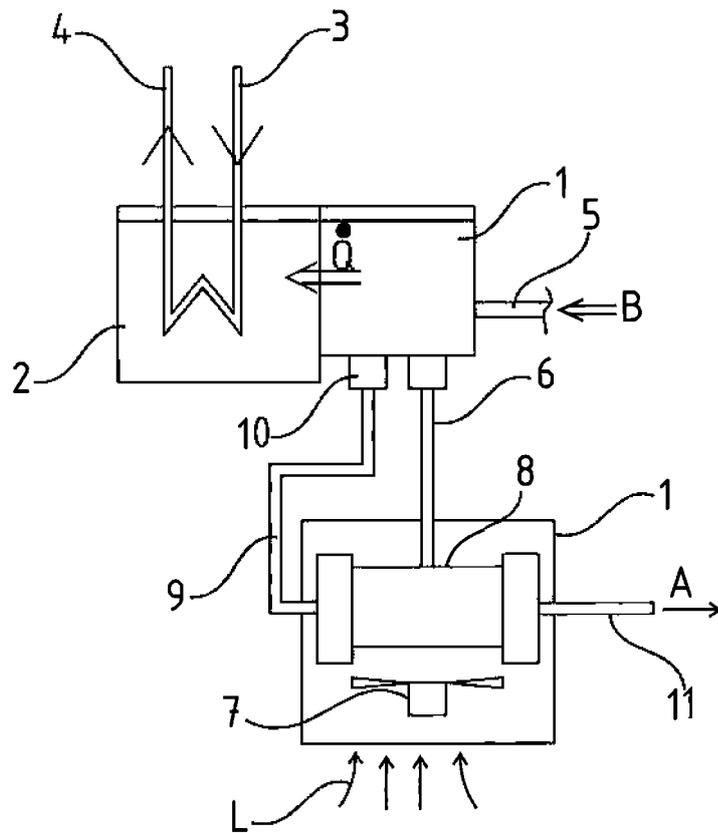


Fig. 1

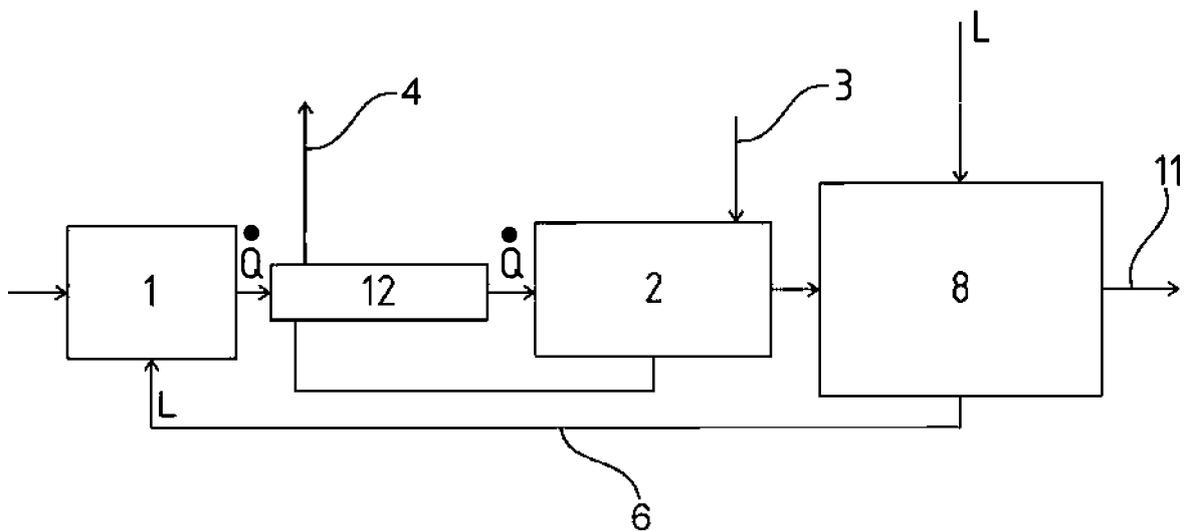


Fig. 2

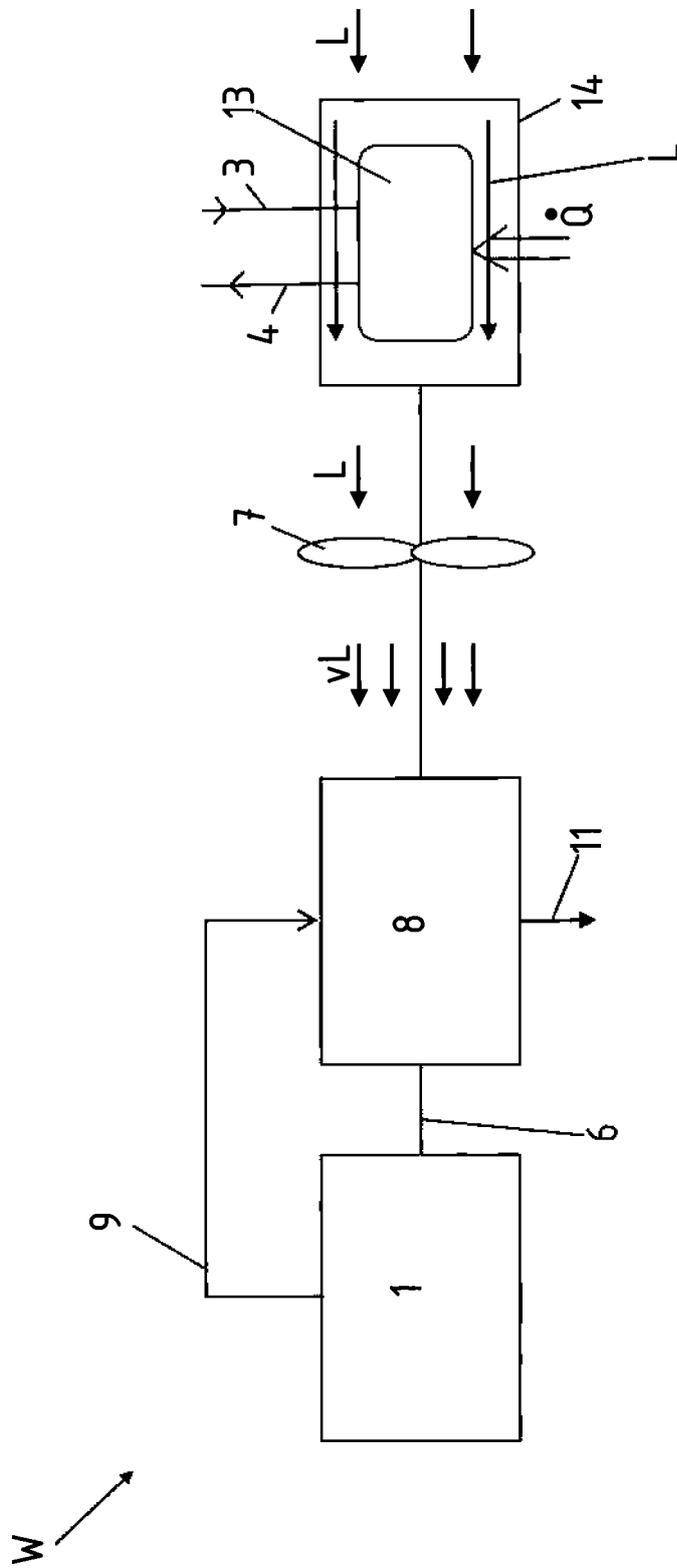


Fig. 3