



(19) Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 023 806 A1 2009.11.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 023 806.6

(22) Anmeldetag: 15.05.2008

(43) Offenlegungstag: 19.11.2009

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01N 5/02** (2006.01)

**F02G 5/02** (2006.01)

**H02N 11/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,  
80809 München, DE**

(72) Erfinder:

**Richter, Rainer, Dr., 81247 München, DE; Mazar,  
Boris, 80807 München, DE; Rüth, Stefan, 85748  
Garching, DE; Schröter, Gunter, 80809 München,  
DE; Münch, Stefan, 85235 Odelzhausen, DE**

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

EP	18 11 646	A1
JP	06-0 81 639	A
JP	11-0 41 959	A
US	71 00 369	B2
GB	24 43 506	A

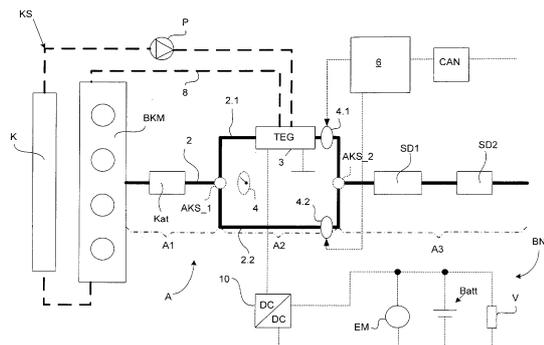
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Abgassystem mit thermoelektrischem Generator und Verfahren zum Betrieb eines derartigen Abgassystems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Abgassystem für eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Abgassystems, wobei das Abgassystem umfasst:

einen Abgaskanal, der zumindest bereichsweise zwei parallel verlaufende Teil-Abgaskanäle aufweist, wobei einer der Teil-Abgaskanäle mit Mitteln zur Umwandlung von Wärmeenergie in eine andere Energieform thermisch gekoppelt ist und wobei im Abgaskanal zumindest ein steuerbares Schaltelement zur Lenkung des Abgasstromes vorhanden ist, derart, dass in Abhängigkeit von der Schaltstellung des mindestens einen Schaltelements der Abgasstrom ausschließlich durch den ersten Teil-Abgaskanal, ausschließlich durch den zweiten Teil-Abgaskanal oder anteilig durch beide Teil-Abgaskanäle strömt. Zur Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die derart ausgebildet ist, dass die Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements in Abhängigkeit von der Temperatur der Mittel zur Umwandlung von Wärmeenergie und/oder in Abhängigkeit von einem im Abgassystem vorherrschenden Abgasgedruck und/oder in Abhängigkeit von der Temperatur der Brennkraftmaschine erfolgt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Abgassystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Abgassystems.

**[0002]** Unter einem thermoelektrischen Generator (abgekürzt auch als TEG bezeichnet) wird im Sinne der Erfindung eine Einrichtung verstanden, die nach dem Wirkprinzip des so genannten „Seebeck-Effekts“ Wärmeenergie in elektrische Energie umwandelt (diese Energieumwandlung entsteht dadurch, dass zwei Punkte eines elektrischen Leiters unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt werden, wodurch eine elektrische Spannung zwischen diesen beiden Punkten erzeugt wird).

**[0003]** Aus der US 2005/0268598 A1 ist bereits ein Kraftfahrzeug bekannt, welches in seinem Abgasstrang, in Strömungsrichtung gesehen vor einer Katalysatoreinrichtung zur Reinigung des Abgases, einen so genannten thermoelektrischen Generator (TEG) aufweist. Dabei ist der Abgaskanal zwischen dem Auslass der Brennkraftmaschine und dem Katalysator bereichsweise zweikanalig mit zwei parallel verlaufenden Teil-Abgaskanälen ausgebildet, wobei in einem der beiden Teil-Abgaskanäle der TEG eingebunden ist. An der stromaufwärts angeordneten Verzweigungsstelle des Abgaskanals in die beiden Teil-Abgaskanäle ist ein steuerbares Schaltelement zur Lenkung des Abgasstroms (in den einen oder in den anderen Teil-Abgaskanal) vorgesehen. Dabei wird das Schaltelement über eine Steuereinheit derart angesteuert, dass während einer Warmlaufphase der Brennkraftmaschine, in der der Katalysator eine vorbestimmte Temperatur noch nicht erreicht hat, der gesamte Abgasstrom über den Teil-Abgaskanal ohne TEG (den so genannten Bypass) geleitet wird, und erst wenn die vorbestimmte Katalysatortemperatur erreicht ist, der Abgasstrom durch den anderen, den TEG aufweisenden Teil-Abgaskanal geführt wird. Ziel dieser Anordnung ist es, während Betriebsphasen, in denen der Katalysator Temperaturen ausgesetzt ist, bei denen er Schaden nehmen könnte, überschüssige Wärme abzuführen um den Katalysator vor Zerstörung zu schützen und gleichzeitig wertvolle elektrische Energie zu erzeugen.

**[0004]** Darüber hinaus sind zahlreiche Dokumente bekannt, in denen der Aufbau und die Wirkungsweise eines eingangs erwähnten TEG beschrieben sind. Stellvertretend seien an dieser Stelle die bislang unveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen genannt: DE 10 2007 063 168, DE 10 2007 063 172, DE 10 2007 063 173, DE 10 2007 063 196, auf deren Inhalt bezüglich eines möglichen Aufbaus eines TEG vollinhaltlich Bezug genommen wird.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Abgassystem für eine Brenn-

kraftmaschine eines Kraftfahrzeugs anzugeben, durch dass der energetische Wirkungsgrad des Kraftfahrzeugs erheblich verbessert wird.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, während in den Unteransprüchen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung angegeben sind. Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, bei einem Abgassystem für eine Brennkraftmaschine, welches zumindest bereichsweise zweikanalig ausgeführt ist, wobei die beiden Teilabgaskanäle stromabwärts in einem gemeinsamen Abgaskanalabschnitt zusammengeführt sind, und bei dem in einem der beiden Teil-Abgaskanäle ein Energiewandlungsmittel (im Folgenden als thermoelektrischer Generator bzw. TEG bezeichnet) implementiert ist, und bei dem über mindestens ein im Abgaskanal angeordnetes Schaltelement der Abgasstrom derart gesteuert werden kann, dass er ausschließlich durch einen der beiden oder aufgeteilt durch beide Teil-Abgaskanäle strömt, über eine Steuereinrichtung zur Steuerung des mindestens einen Schaltelements, das mindestens ein Schaltelement in Abhängigkeit von der Temperatur des TEG und/oder in Abhängigkeit von dem im Abgassystem an einer vorbestimmten Position vorliegenden Abgasgedruck und/oder in Abhängigkeit von der Temperatur der Antriebsmaschine (insbesondere Brennkraftmaschine) anzusteuern. Es versteht sich von selbst, dass anstelle der vorstehenden benannten Größen (in deren Abhängigkeit eine Steuerung des mindestens einen Schaltelements erfolgt) stellvertretend auch jeweils eine mit dieser Größe korrelierende Größe herangezogen werden kann. Ferner ist denkbar, alternativ zu den vorstehend beschriebenen Größen eine Ansteuerung des Schaltelements in Abhängigkeit von Fahrzeugumgebungsbedingungen – insbesondere in Abhängigkeit von der Außen- bzw. Umgebungstemperatur und/oder dem Umgebungsdruck oder dergleichen – vorzunehmen.

**[0007]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der TEG in das Abgassystem eines Kraftfahrzeugs eingebunden, in dem die so genannte Warmseite (erster Punkt, des zwischen zwei Punkten unterschiedlicher Temperatur angeordneten, nach dem Seebeck-Effekt arbeitenden Energiewandlungsmittel/TEG) des TEG mit einer Abgas führenden Leitung des Abgasstrangs Wärme leitend verbunden wird. Die Kaltseite (zweiter Punkt) des TEG kann beispielsweise mit einer eine Kühlflüssigkeit führenden Kühlmittelleitung des Motorkühlsystems des Kraftfahrzeugs thermisch gekoppelt sein. In einer besonders einfachen Ausführungsform des TEG wird eine Mehrzahl von Thermoelementmodulen um einen Abgaskanalabschnitt des entsprechenden Teil-Abgaskanals herum angeordnet. In einer Weiterbildung kann die thermisch wirksame Oberfläche des TEG vergrößert werden, indem der Abgaskanal bereichsweise nach innen berippt ist (al-

so z. B. rippenförmige Elemente des Abgaskanals oder der Thermoelemente in das innere des Teil-Abgaskanalabschnittes hinein angeordnet sind).

**[0008]** Mit Vorteil sind zur Steuerung des Abgasstroms insgesamt zwei Schaltelemente vorgesehen, wobei in jedem der beiden Teil-Abgaskanäle ein Schaltelement angeordnet sein kann. Bevorzugt ist das Schaltelement, welches in dem Teil-Abgaskanal anzuordnen ist, der den TEG aufweist, in Strömungsrichtung gesehen hinter dem TEG angeordnet.

**[0009]** Die Steuereinrichtung zur Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements ist insbesondere derart ausgebildet, dass in jedem Fall eine Unterbrechung des Abgasstroms durch vollständige Schließstellung des mindestens einen Schaltelements verhindert wird. In der bevorzugten Ausführungsform mit je einem Schaltelement pro Teil-Abgaskanal muss durch die Steuereinrichtung demnach sichergestellt werden, dass zu keinem Betriebszeitpunkt beide Schaltelemente in eine vollständig geschlossene Position überführt werden.

**[0010]** Die Betriebsstrategie, die über die entsprechende Ansteuerung der Schaltelemente realisiert werden soll und über die eine signifikante Erhöhung des Wirkungsgrades eines per Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeugs erreicht werden soll, ist auf eine Maximierung der Konvertierung von thermischer Energie aus dem Abgasstrang in elektrische Energie ausgerichtet. Gleichzeitig muss stets die Betriebssicherheit des Kraftfahrzeugs und des TEG sichergestellt sein.

**[0011]** Über ein insbesondere versuchstechnisch ermitteltes Kennfeld, in dem für eine bestimmte Brennkraftmaschine eines bestimmten Kraftfahrzeugs, die Last über der Drehzahl der Brennkraftmaschine für verschiedene stationäre Betriebszustände abgebildet ist, und in dem jedem Last-Drehzahlzustand über das Kennfeld ein bestimmter Schaltelementzustand zugeordnet ist, wird das mindestens eine Schaltelement zur Lenkung des Abgasstroms entsprechend eingestellt. Hierdurch wird eine Art Vorsteuerung des mindestens einen Schaltelements (Abgasklappe(n)) in Abhängigkeit von dem jeweils eingestellten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine gewährleistet. Diese Vorsteuerung eignet sich bevorzugt für einen dynamischen Betrieb der Brennkraftmaschine, in dem eine vorbestimmte „Warmlauftemperatur“ (insbesondere ein Durchschnittswert der Temperatur von Brennkraftmaschine oder TEG – oder einer hiermit korrelierenden Größe (wie Abgastemperatur o. d.). bereits erreicht ist – mit Vorteil eine Temperatur bei der der TEG seinen besten Wirkungsgrad erreicht hat. Dies hat zur Folge, dass über die Kennfeld-Vorsteuerung der Abgasklappen, ausgehend von einem kalten Betriebszustand des TEG und einer noch betriebswarmen bzw. eine bestimmte

Restwärme aufweisenden Brennkraftmaschine die mindestens eine Abgasklappe nicht optimal eingestellt werden kann. Um den TEG auch bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen (Druck, Temperatur) und Fahrzeug- bzw. TEG-Betriebsparametern in einem optimalen Temperaturbereich betreiben zu können, ist ein Reglermodul (z. B. PID-Regler) vorgesehen, über welches insbesondere in Abhängigkeit von der Temperatur des TEG und/oder der Temperatur der Antriebsmaschine (bzw. einer hiermit korrelierenden Größe) die Abgasklappen erforderlichenfalls anders als von der Vorsteuerung vorgesehen eingestellt werden können. Beispielsweise würde, ausgehend von einem kalten Betriebszustand des TEG und noch nicht abgekühlter Brennkraftmaschine (und damit mit einer erhöhten Temperatur des Abgases) aufgrund der Kennfeld-Vorsteuerung über den Abgaskanal mit TEG weniger Abgas geführt werden (um diesen lt. Kennfeld nicht gefährlich zu erhitzen) als dies aufgrund des tatsächlichen thermischen Gesamtzustands (wärmeres Abgas aufgrund nicht ausgekühlter Brennkraftmaschine) möglich wäre. Über das Reglermodul können die Abgasklappen abweichend hiervon eingestellt werden, so dass aufgrund der Information, dass der TEG die im Vorsteuerkennfeld zugrunde gelegte Temperatur noch nicht erreicht hat, der Abgasstrom im Teil-Abgaskanal mit TEG durch abweichende Ansteuerung der Abgasklappen erhöht und so die Effizienz in der Warmlaufphase erhöht werden kann.

**[0012]** Zur Abgasgegendruck abhängigen Steuerung der mindestens einen Abgasklappe ist die Steuereinrichtung mit einem Steuermodul zur Abgasgegendruckbegrenzung ausgeführt, wodurch verhindert wird, dass über die Klappeneinstellung durch das Reglermodul in bestimmten Fahrsituationen (wie z. B. in der Aufheizphase des TEG) ein zu hoher Abgasmassenstrom durch den Teil-Abgaskanal mit TEG geführt und dadurch ein zu hoher Abgasgegendruck eingestellt wird. Durch die abgasgegendruckabhängige Steuerung des mindestens einen Schaltelements wird die Einstellung eines zu hohen Abgasgegendrucks (welcher wiederum einen schlechteren Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine zur Folge hätte) wirksam verhindert. Die abgasgegendruckabhängige Steuerung des mindestens einen Schaltelements ist insbesondere sinnvoll, für den Fall, dass der Teil-Abgaskanal im Bereich der TEG-Anordnung eine vorstehend beschriebene Innenberippung aufweist. Durch diese Innenberippung wird zwar eine verbesserte Wärmeübertragung in den TEG gewährleistet, andererseits entsteht bei höheren Lasten nachteiliger Weise ein erhöhter Abgasgegendruck. Um diesen Abgasgegendruck bei höheren Lasten vermeiden zu können, kann die Steuereinheit zur Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements derart ausgebildet sein, dass die Ansteuerung in Abhängigkeit vom sich einstellenden Abgasgegendruck erfolgt. Dabei kann der Abgasgegendruck modellba-

siert oder messtechnisch ermittelt werden.

**[0013]** Durch die temperaturabhängige Steuerung des mindestens einen Schaltelements, bei der die Steuerung in Abhängigkeit von der Temperatur der Antriebsmaschine oder einer hiermit korrelierenden Größe erfolgt, wird wirksam eine Überhitzung der Antriebsmaschine verhindert.

**[0014]** Im Rahmen der temperaturabhängigen Steuerung des mindestens einen Schaltelements, bei der die Steuerung in Abhängigkeit von der Temperatur des TEG oder einer hiermit korrelierenden Größe erfolgt, wird wirksam ein thermischer Schutz des TEG erreicht.

**[0015]** Ergänzt werden kann die vorgestellte Betriebsstrategie durch ein vorausschauendes Element, indem die Steuerung des mindestens einen Schaltelements zusätzlich in Abhängigkeit von Fahrzeugumgebungsbedingungen erfolgt. Insbesondere seien hier angeführt, die Nutzung von Navigationsdaten und Verkehrsinformationen. Hierdurch soll wirksam verhindert werden, dass der TEG in bestimmten Betriebsphasen zu stark abkühlt.

**[0016]** In einer anderen Weiterbildung der Erfindung wird zusätzlich zur Ansteuerung der Schaltelemente zur Lenkung des Abgasstroms auch die Kühlmittelpumpe (Wasserpumpe) des Kühlsystems der Antriebsmaschine gesteuert. Dabei wird die Kühlleistung für die Antriebsmaschine bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt und gleichzeitig der Warmlauf des TEG beschleunigt bzw. das Auskühlen des TEG bei niedriger Motorlast verlangsamt. Hierfür wird die Kühlmittelpumpe in Abhängigkeit von der Temperatur des TEG (oder in Abhängigkeit von der Temperatur der Antriebsmaschine) gesteuert. Alternativ hierzu kann anstelle der Koppelung des TEG über seine Kaltseite an den Kühlmittelkreislauf des Kraftfahrzeugs auch ein separater autarker Kühlkreislauf für die Kaltseite des TEG vorgesehen sein und entsprechend die Steuerung durch Ansteuerung einer zusätzlichen Wasserpumpe erfolgen.

**[0017]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

**[0018]** **Fig. 1:** ein Abgassystem gemäß der Erfindung nebst angekoppelter Brennkraftmaschine und angekoppeltem elektrischen Bordnetz in schematischer Darstellung, und

**[0019]** **Fig. 2:** die Steuereinrichtung zur Steuerung des mindestens einen, den Abgasstrom lenkenden Schaltelements, in schematischer Darstellung.

**[0020]** **Fig. 1** zeigt in einer schematischen Gesamt-

darstellung ein Abgassystem gemäß der Erfindung nebst verschiedener Peripherie wie Antriebsmaschine BKM und Bordnetz BN. Das Abgassystem umfasst einen Abgasstrang A mit einem Abgaskanal 2 der zumindest bereichsweise – zwischen einer ersten Abgaskanalstelle AKS\_1 und einer, von der ersten Abgaskanalstelle AKS\_1 stromabwärts beabstandeten, zweiten Abgaskanalstelle AKS\_2 – zwei parallel verlaufende Teil-Abgaskanäle 2.1, 2.2 aufweist. Dabei ist der eine Teil-Abgaskanal 2.1 mit Mitteln 3 zur Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie (im Folgenden auch als thermoelektrischer Generator oder TEG bezeichnet) thermisch gekoppelt, während der andere Teil-Abgaskanal 2.2 als Bypass zur gesteuerten Umgehung des TEG fungiert. Im Abgaskanal 2 ist zumindest ein steuerbares Schaltelement 4; 4.1, 4.2 zur Lenkung des Abgasstroms vorhanden – im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist hingegen jeder Teil-Abgaskanal 2.1, 2.2 ein eigenes Schaltelement 4.1, 4.2 auf. Durch das mindestens eine, über eine Steuereinrichtung 6 ansteuerbare Schaltelement 4; 4.1, 4.2 (im Folgenden auch als Abgasklappe bezeichnet) wird der Abgasstrom einer Brennkraftmaschine BKM entweder ausschließlich durch den ersten Teil-Abgaskanal 2.1, ausschließlich durch den zweiten Teil-Abgaskanal 2.2 oder anteilig durch beide Teil-Abgaskanäle 2.1, 2.2 gelenkt. Der Abgasstrang A ist im Wesentlichen in drei Teilbereiche aufgeteilt, wobei in einem ersten Teilbereich A1, der lediglich einkanalig ausgebildet ist, eine Katalysatoreinrichtung Kat zur Reinigung des Abgases angeordnet ist. Der zweite, sich hieran anschließende Teilbereich A2 des Abgasstrangs A ist durch die beiden zwischen den Abgaskanalstellen AKS\_1 und AKS\_2 parallel verlaufenden Teil-Abgaskanäle 2.1 und 2.2 gebildet. Der letzte Teilbereich A3 des Abgasstrangs A ist vorliegend wiederum einkanalig ausgebildet und umfasst zwei hintereinander geschaltete Schalldämpfereinrichtungen SD1, SD2. Der Abgasstrang A kann abweichend von dem beschriebenen Aufbau auch beliebig anders aufgebaut sein. Wesentlich ist lediglich, dass der Abgaskanal in einem Teilbereich zweikanalig ausgeführt und stromabwärts wieder zusammengeführt ist (AKS\_2). Der Abgaskanal A kann zweikanalig aus den Auslässen der Brennkraftmaschine BKM bis zur besagten Zusammenführung ausgebildet sein. Der Abgaskanal A kann aus den Auslässen der Brennkraftmaschine BKM – wie dargestellt – auch einkanalig herausgeführt sein, um sich anschließend, bis zur besagten stromabwärtigen Zusammenführung (AKS\_2), zweikanalig auszubilden. Auch nach der stromabwärtigen Zusammenführung kann der Abgaskanal A beliebig ausgebildet (ein- oder mehrflutig) ausgebildet sein.

**[0021]** Der TEG ist in das Abgassystem A eingebunden, in dem die so genannte Warmseite des TEG mit einer Abgas führenden Leitung des Abgasstrangs A (hier: Teil-Abgasstrang 2.1) und die Kaltseite des TEG mit einer eine Kühlflüssigkeit führenden Kühl-

mittelleitung **8** (gestrichelt dargestellt) des Kühlsystems KS der Brennkraftmaschine BKM thermisch gekoppelt ist. Das Kühlsystem KS ist in herkömmlicher Weise aufgebaut und umfasst eine Kühlmittelpumpe P sowie eine Kühleranordnung K.

**[0022]** Elektrisch ist der TEG über eine Gleichspannungskoppeleinrichtung **10** in Form eines DC-DC-Wandlers in das Bordnetz BN des Kraftfahrzeugs eingekoppelt (alternativ ist auch die Einkopplung über eine einfache Diode denkbar). Das Bordnetz BN umfasst beispielsweise eine zumindest generatorisch arbeitende elektrische Maschine EM, eine elektrische Energiespeichereinrichtung in Form einer Bordnetzbatte Batt, einer Kondensatoreinrichtung oder dergleichen sowie elektrische Verbraucher V. Mit Vorteil ist die elektrische Maschine EM als so genannter Kurbelwellenstartergenerator ausgebildet, über den die Brennkraftmaschine BKM bei motorischem Betrieb der elektrischen Maschine EM gestartet werden kann, und über den in Brems- oder Schubbetriebsphasen elektrische Energie zur Einspeisung in Batterie Batt und/oder in das Bordnetz BN generiert werden kann. Auch kann die elektrische Maschine EM für einen zumindest zeitweise vorgesehenen elektrischen oder hybriden Antrieb des Kraftfahrzeugs ausgelegt sein.

**[0023]** Die Wirkungsweise des TEG kann durch die Ansteuerung der mindestens einen Abgasklappe **4**; **4.1**, **4.2** (entweder eine zentrale Abgasklappe **4** in der ersten Abgaskanalstelle AKS<sub>1</sub> – oder wie dargestellt, in jedem Abgas-Teilkanal **2.1**, **2.2** jeweils eine Abgasklappe **4.1**, **4.2**) gemäß einer in der Steuereinrichtung **6** hinterlegten Betriebsstrategie derart optimiert werden, dass durchaus ein nennenswerter Vorteil im Hinblick auf die CO<sub>2</sub> Bilanz des Kraftfahrzeugs erzielt werden kann. Die Steuereinrichtung **6** ist vorzugsweise an ein Bus-Steuersystem wie CAN in die Steuerungsstruktur des Kraftfahrzeugs eingebunden. Die Wirkungsweise der Steuereinrichtung **6** bzw. die der hierin abgelegten Betriebsstrategie wird im Folgenden anhand von [Fig. 2](#) näher erläutert.

**[0024]** [Fig. 2](#) zeigt in schematischer Darstellung die Funktionalität der Steuereinrichtung **6** bzw. die hierdurch umgesetzte Betriebsstrategie. Die Steuereinrichtung **6** erhält eingangsseitig über verschiedene Sensoren als auch über weitere Steuereinrichtungen innerhalb des Kraftfahrzeugverbunds eine Vielzahl von Informationen (Fahrzeugbetriebs- und Fahrzeugumgebungsparametern  $P_B$ ,  $P_U$ ). Insbesondere umfassen diese Informationen: Informationen die den Zustand des TEG (TEG-Temperatur  $T_{TEG}$ , Abgasgegendruck im Teil-Abgaskanal **2.1**, Druck und Temperatur im angekoppelten Kühlmittelsystem, ...) beschreiben, Informationen die den Zustand der Brennkraftmaschine BKM (BKM-Temperatur, Motordrehzahl, Motormoment, ...) beschreiben und Informationen die den Zustand der Fahrzeugumgebung (Navi-

gationsdaten, Verkehrsinformationen, ...) beschreiben. In die Steuereinrichtung **6** werden somit zumindest Informationen über den Zustand des TEG als auch Informationen aus dem weiteren Informationsverbund des Kraftfahrzeugs (wie Informationen aus der zentralen Motorsteuerung oder dergleichen) eingelesen. In der Steuereinrichtung **6** sind zumindest vier (Teil-)Steuermodule Mod<sub>1</sub>, Mod<sub>2</sub>, Mod<sub>3</sub>, Mod<sub>4</sub> abgebildet, wobei in einem ersten Steuermodul Mod<sub>1</sub> ein Kennfeld zur Vorsteuerung der beiden Abgasklappen **4.1**, **4.2** in Abhängigkeit vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine BKM, in einem zweiten Steuermodul Mod<sub>2</sub> eine allgemeine Reglerstruktur zur Modifizierung der vorgesteuerten Klappenstellung bei instationärem Betrieb des Kraftfahrzeugs, in einem dritten Steuermodul Mod<sub>3</sub> ein Kennfeld zur Steuerung der Abgasklappen **4.1**, **4.2** in Abhängigkeit von dem in Abgassystem herrschenden Abgasgegendruck  $p_{Abgas}$  und in einem vierten Steuermodul Mod<sub>4</sub> eine Notlauffunktion der Abgasklappen **4.1**, **4.2** zur Sicherstellung eines sicheren Betriebs hinterlegt ist.

**[0025]** Für den Betrieb des Abgassystems A bzw. des darin angeordneten thermoelektrischen Generators TEG erfolgt über das erste Steuermodul Mod<sub>1</sub> eine Vorsteuerung der Abgasklappen, in dem anhand des hinterlegten Kennfeldes KF1 in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter (vorzugsweise in Abhängigkeit von mindestens zwei Betriebsparametern) wie Abgasmassenstrom, Abgastemperatur, Last M und/oder Drehzahl n der Brennkraftmaschine BKM eine Klappenposition ermittelt wird. Da das Vorsteuerkennfeld auf versuchstechnisch ermittelten Werten bei stationären Umgebungsbedingungen der Brennkraftmaschine basiert, ist die über die Vorsteuerung gefundene Klappenposition für den Betrieb der Brennkraftmaschine bei instationären Umgebungsbedingungen (Umgebungstemperatur, Umgebungsdruck, o. d.) nur bedingt geeignet. Um den TEG auch im instationären Betrieb stets im optimalen Temperaturbereich (Temperaturbereich mit bestem Wirkungsgrad) betreiben zu können, wird die vorgesteuerte Klappenposition durch das Steuermodul Mod<sub>2</sub> falls erforderlich modifiziert. Durch die im dritten Steuermodul Mod<sub>3</sub> abgebildete Abgasgegendruckbegrenzung wird verhindert, dass der über das Steuermodul Mod<sub>2</sub> abgebildete Regler in bestimmten Situationen – wie z. B. in der Aufheizphase des TEG – einen zu hohen Abgasmassenstrom durch den TEG und somit einen zu hohen Abgasgegendruck einstellt. Durch die über das vierte Steuermodul Mod<sub>4</sub> abgebildete Notlauffunktionalität wird sicher gestellt, dass ein gleichzeitiges Schließen beider Abgasklappen – und somit ein komplettes Verschließen der Abgasanlage – vermieden wird. Hierfür werden die beiden Abgasklappen steuerungstechnisch funktional zwangskoppelt.

**[0026]** Durch ein nicht dargestelltes weiteres Steu-

ermodul könnte die beschriebene Betriebsstrategie dahingehend erweitert werden, dass durch Berücksichtigung von Navigations- und/oder Verkehrsinformationen die Ansteuerung der Abgasklappen und damit die „Regelung“ des TEG derart erfolgt, dass ein zu starkes Abkühlen des TEG – insbesondere durch vorübergehende Hochlastphasen in denen der Teil-Abgaskanal 2.1 mit TEG verschlossen ist oder in vorübergehenden Entlastungsphasen wie Ampelstopp (ggf. mit abgeschalteter Brennkraftmaschine) – verhindert wird.

**[0027]** Darüber hinaus kann die Betriebsstrategie dahingehend erweitert werden, dass auch die elektrische Kühlmittelpumpe P derart angesteuert wird, dass eine Aufwärmehase des TEG möglichst schnell und effizient erfolgt und eine schnelle Auskühlung des TEG möglichst vermieden wird. Beispielsweise kann in der Warmlaufphase des TEG der Kühlmittelstrom möglichst gering gehalten werden, um ein Ableiten der durch den Abgasstrom in den TEG aufwändig eingebrachten Wärmeenergie möglichst zu vermeiden. Umgekehrt kann bei einer erreichten oberen Grenztemperatur des TEG über eine Beschleunigung des Kühlmittelflusses schnell überflüssige Wärme vom TEG abgeführt werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2005/0268598 A1 [\[0003\]](#)
- DE 102007063168 [\[0004\]](#)
- DE 102007063172 [\[0004\]](#)
- DE 102007063173 [\[0004\]](#)
- DE 102007063196 [\[0004\]](#)

## Patentansprüche

1. Abgassystem für eine Brennkraftmaschine (BKM), umfassend

- einen Abgaskanal (2), der zwei parallel verlaufende Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) aufweist, wobei die Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) stromabwärts in einem gemeinsamen Abgaskanalabschnitt zusammengeführt sind,

- wobei einer der Teil-Abgaskanäle (2.1) mit Mitteln (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie in eine andere Energieform thermisch gekoppelt ist,

- und wobei im Abgaskanal (2) zumindest ein steuerbares Schaltelement (4; 4.1, 4.2) zur Lenkung des Abgasstromes vorhanden ist, derart, dass in Abhängigkeit von der Schaltstellung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) der Abgasstrom ausschließlich durch den ersten Teil-Abgaskanal (2.1), ausschließlich durch den zweiten Teil-Abgaskanal (2.2) oder anteilig durch beide Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) strömt, und

- eine Steuereinrichtung (6) zur Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2), **dadurch gekennzeichnet**, dass

- die Steuereinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass die Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) in Abhängigkeit

- von der Temperatur ( $T_{TEG}$ ) der Mittel (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie

- und/oder in Abhängigkeit von einem im Abgassystem (A) vorherrschenden Abgasgegendruck ( $p_{Abgas}$ )

- und/oder in Abhängigkeit von der Temperatur der Brennkraftmaschine (BKM) erfolgt.

2. Abgassystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der beiden Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) ein steuerbares Schaltelement (4.1, 4.2) aufweist.

3. Abgassystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass die Schließstellung des bzw. der Schaltelements (4.1, 4.2), derart, dass der Abgaskanal (2) gänzlich verschlossen und somit der Gesamt-Abgasstrom unterbrochen wird, verhindert wird.

4. Abgassystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass die Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) in Abhängigkeit von Daten eines Navigations- oder Satellitensystems und/oder in Abhängigkeit von Verkehrsinformationen erfolgt.

5. Abgassystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass eine Vorsteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) in Abhängigkeit von dem aktuellen Be-

triebspunkt der Antriebsmaschine erfolgt.

6. Abgassystem nach einem der vorstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Mittel (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie in thermischer Wirkverbindung mit einem steuerbaren Kühlmittelpumpe (P) aufweisenden Kühlkreislauf (KS) zur Kühlung der Antriebsmaschine stehen.

7. Abgassystem nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Steuereinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass

- während einer Betriebsphase,

- während der die Mittel (3) zur Umwandlung der Wärmeenergie eine vorbestimmte Temperatur noch nicht erreicht haben,

- und während der das zumindest eine Schaltelement (4; 4.1, 4.2) derart angesteuert wird, dass zumindest ein Teil des Abgasstroms – vorzugsweise der gesamte Abgasstrom – durch den die Mittel (3) zur Umwandlung der Wärmeenergie aufweisen Teil-Abgaskanal (2.1) geführt wird,

- die Kühlmittelpumpe (P) in Abhängigkeit von der Temperatur ( $T_{TEG}$ ) der Mittel (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie angesteuert wird.

8. Verfahren zum Betrieb eines Abgassystems für eine Brennkraftmaschine (BKM), wobei das Abgassystem umfasst:

- einen Abgaskanal (2), der zwei parallel verlaufende Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) aufweist, wobei die Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) stromabwärts in einem gemeinsamen Abgaskanalabschnitt zusammengeführt sind,

- wobei einer der Teil-Abgaskanäle (2.1) Mittel (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie in eine andere Energieform aufweist,

- und wobei im Abgaskanal (2) zumindest ein steuerbares Schaltelement (4; 4.1, 4.2) zur Lenkung des Abgasstromes vorhanden ist, derart, dass in Abhängigkeit von der Schaltstellung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) der Abgasstrom ausschließlich durch den ersten Teil-Abgaskanal (2.1), ausschließlich durch den zweiten Teil-Abgaskanal (2.2) oder anteilig durch beide Teil-Abgaskanäle (2.1, 2.2) strömt, und

- eine Steuereinrichtung (6) zur Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte

- die Ansteuerung des mindestens einen Schaltelements (4; 4.1, 4.2) in Abhängigkeit

- von der Temperatur ( $T_{TEG}$ ) der Mittel (3) zur Umwandlung von Wärmeenergie

- und/oder in Abhängigkeit von einem im Abgassystem (A) vorherrschenden Abgasgegendruck ( $p_{Abgas}$ )

- und/oder in Abhängigkeit von der Temperatur der Brennkraftmaschine (BKM).

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Figur 2

