



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 135 832.9**  
(22) Anmeldetag: **27.12.2019**  
(43) Offenlegungstag: **20.08.2020**

(51) Int Cl.: **F01N 9/00 (2006.01)**  
**F01N 3/20 (2006.01)**  
**F01N 3/28 (2006.01)**  
**F02M 26/05 (2016.01)**  
**F02M 26/06 (2016.01)**

(30) Unionspriorität:  
**1902235.9**                      **19.02.2019**    **GB**

(71) Anmelder:  
**Jaguar Land Rover Limited, Coventry, GB**

(74) Vertreter:  
**HGF Europe LLP, 81673 München, DE**

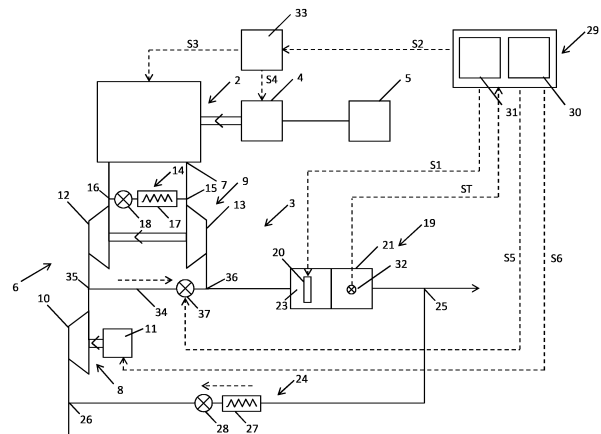
(72) Erfinder:  
**Cudmore, Stephen, Coventry, GB; Hartland,  
Jonathan, Coventry, GB**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **KATALYSATORVORWÄRMUNGSSTEUERUNGSVORRICHTUNG UND -VERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Katalysator-Vorwärm-Steuergerät (29) für ein Fahrzeug (1). Das Fahrzeug (1) weist einen Verbrennungsmotor (2), eine Abgasleitung (3), einen in der Abgasleitung (3) angeordneten ersten Katalysator (21) zur Abgasbehandlung, ein in der Abgasleitung (3) stromaufwärts des ersten Katalysators (21) angeordnetes elektrisches Heizelement (20) und Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement (20) vorbei auf. Die Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit (29) beinhaltet mindestens einen Prozessor (30), der konfiguriert ist, um das elektrische Heizelement (20) zum Vorwärmen des ersten Katalysators (21) zu steuern; und eine Speichervorrichtung mit darin gespeicherten Anweisungen, die mit dem mindestens einen Prozessor (30) gekoppelt ist. Der mindestens eine Prozessor (30) ist konfiguriert, um eine Temperatur des ersten Katalysators (21) zu bestimmen. Der mindestens eine Prozessor (30) ist konfiguriert, um ein Motorstartanforderungssignal (S2) auszugeben, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators (21) größer oder gleich einer vorbestimmten Temperatur (T1) ist. Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Steuern der Vorwärmung eines ersten Katalysators (21) und auf ein Fahrzeug (1) mit einer Katalysator-Vorwärmsteuereinheit (29).



**Beschreibung**

## TECHNISCHER BEREICH

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung der Katalysatorvorwärmung. Insbesondere, aber nicht ausschließlich, bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf ein Katalysator-Vorheizsteuergerät zum Steuern der Vorwärmung eines Katalysators in einem Nachbehandlungssystem. Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auch auf ein Fahrzeug, das eine Katalysator-Vorwärmsteuereinheit beinhaltet, und auf ein Verfahren zum Vorwärmen eines Katalysators.

## HINTERGRUND

**[0002]** Es ist in einem Fahrzeug bekannt, dass es einen oder mehrere Katalysatoren zur Behandlung von Abgasen aus einem Verbrennungsmotor bereitstellt. Der eine oder die mehreren Katalysatoren können in einem Nachbehandlungssystem angeordnet sein. Eine bekannte Einschränkung bestimmter Katalysatoren ist die Notwendigkeit, eine erhöhte Betriebstemperatur, hierin als Abschalttemperatur bezeichnet, zu erreichen, bevor sie effektiv arbeiten. Unterhalb der Abschalttemperatur, z.B. nach einem Kaltstart des Verbrennungsmotors, kann die Wirksamkeit des Katalysators reduziert werden. Um die Emissionsgesetzgebung einzuhalten, ist es wünschenswert, den Katalysator so schnell wie möglich zu erwärmen, um die so genannten Endrohremissionen des Fahrzeugs zu reduzieren.

**[0003]** Vor diesem Hintergrund wurde die vorliegende Erfindung konzipiert. Zumindest in bestimmten Ausführungsformen zielt die vorliegende Erfindung darauf ab, zumindest einige der Mängel von Geräten des Standes der Technik zu überwinden oder zu verbessern.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Aspekte der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Katalysator-Vorwärm-Steuergerät, auf ein Verfahren zum Vorwärmen eines Katalysators und auf ein Fahrzeug, wie es in den beigefügten Ansprüchen gefordert wird.

**[0005]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Katalysator-Vorwärmsteuerung für ein Fahrzeug vorgesehen, wobei das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, eine mit dem Verbrennungsmotor verbundene Abgasleitung, einen in der Abgasleitung angeordneten ersten Katalysator zur Abgasbehandlung, ein in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnetes elektrisches Heizelement und Pumpmittel zum Pumpen von Luft an

dem elektrischen Heizelement vorbei aufweist; wobei die Katalysator-Vorwärmsteuerung umfasst:

mindestens einen Prozessor, der konfiguriert ist, um das elektrische Heizelement zum Vorwärmen des ersten Katalysators zu steuern; und

eine Speichervorrichtung mit darin gespeicherten Anweisungen, die mit dem mindestens einen Prozessor gekoppelt ist;

wobei der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um eine Temperatur des ersten Katalysators zu bestimmen und ein Motorstartanforderungssignal auszugeben, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich einer vorbestimmten Temperatur ist. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann konfiguriert werden, um den Start des Verbrennungsmotors einzuleiten, wenn der erste Katalysator eine Temperatur aufweist, die gleich oder größer als die vorbestimmte Temperatur ist. Im Falle eines Elektrofahrzeugs mit mildem Hybrid (MHEV) oder eines Plug-in-Hybridfahrzeugs (PHEV) kann ein elektrischer Fahrmotor ein Drehmoment erzeugen, um das Fahrzeug anzutreiben, wenn der Verbrennungsmotor nicht eingeschaltet ist. Um den ersten Katalysator für den Start des Verbrennungsmotors vorzuwärmen, ist der mindestens eine Prozessor konfiguriert, um das elektrische Heizelement mit Strom zu versorgen. Die Pumpmittel können aktiviert werden, um einen Luftstrom an dem elektrischen Heizelement vorbei zu erzeugen, um die Wärmeübertragung auf den ersten stromabwärts angeordneten Katalysator zu fördern. Das elektrische Heizelement stellt dabei eine Wärmequelle für die Luft dar, die über den ersten Katalysator (und alle anderen Nachbehandlungssysteme) durch die Pumpmittel gepumpt wird. Sobald der erste Katalysator auf eine geeignete Betriebstemperatur erwärmt ist, wird der Motor eingeschaltet. Der erste Katalysator kann auf eine geeignete Betriebstemperatur vorgewärmt werden, was die Emissionen beim Motorstart reduziert. Der erste Katalysator kann beispielsweise ein Dreibegekatalsator sein.

**[0006]** Die vorgegebene Temperatur kann eine Schwellentemperatur umfassen. Die vorgegebene Temperatur kann als die Betriebstemperatur des ersten Katalysators definiert werden, beispielsweise eine Abschalttemperatur des ersten Katalysators. Die vorgegebene Temperatur kann beispielsweise definiert werden als 150°C, 175°C, 200°C, 225°C oder 250°C. Es versteht sich, dass die vorgegebene Temperatur in Abhängigkeit von den Eigenschaften des ersten Katalysators kalibriert werden kann. Die vorgegebene Temperatur kann fest eingestellt sein oder im Laufe der Zeit variieren, z.B. um Veränderungen der Betriebstemperatur des ersten Katalysators durch Alterung zu berücksichtigen. Die Katalysator-

Vorwärmesteuerung kann die vorgegebene Temperatur basierend auf einem Modell des ersten Katalysators bestimmen, beispielsweise in Bezug auf das Alter und/oder die Betriebsbedingungen des ersten Katalysators.

**[0007]** Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann zum Starten des Verbrennungsmotors eingesetzt werden, sobald die Temperatur des ersten Katalysators gleich der vorgegebenen Temperatur ist. Diese Regelstrategie kann die Energie reduzieren, die erforderlich ist, um den ersten Katalysator auf oder über der vorgegebenen Temperatur zu halten.

**[0008]** Das Pumpmittel kann eine Pumpe umfassen, die betreibbar ist, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen. Die Pumpe kann einen Elektromotor umfassen, der mit einem Laufrad oder einem Kompressor verbunden ist. Eine spezielle Pumpe kann vorgesehen werden, um Luft am elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen. Alternativ kann die Pumpe auch ein elektrischer Kompressor zur Druckluftversorgung des Verbrennungsmotors sein. Alternativ können die Pumpmittel auch durch Antreiben des Verbrennungsmotors ohne Kraftstoffzufuhr zur Verbrennung realisiert werden. Ein Elektromotor, wie beispielsweise ein Anlasser oder ein Fahrmotor, kann vorgesehen werden, um den Verbrennungsmotor zu drehen, um den Motor zu betreiben. Der Elektromotor kann fahrerisch mit dem Verbrennungsmotor verbunden sein, z.B. durch eine mechanische Antriebskupplung. Der Verbrennungsmotor kann durch ein von den Rädern des Fahrzeugs übertragenes Drehmoment angetrieben werden, beispielsweise über einen Fahrzeugantriebsstrang. So kann beispielsweise der Verbrennungsmotor im Nachlauf angetrieben werden, wenn die Verbrennung gehemmt ist, z.B. wenn den Brennkammern kein Kraftstoff zugeführt wird. Der Fahrmotor kann mit einem oder mehreren Antriebsrädern des Fahrzeugs verbunden sein.

**[0009]** Der Verbrennungsmotor kann als Range-Extender zum Laden der Traktionsbatterie konfiguriert werden. In dieser Anordnung kann der Verbrennungsmotor einen Generator zum Laden der Traktionsbatterie antreiben. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann den ersten Katalysator vorwärmen und den Motorstart einleiten, wenn der erste Katalysator die vorgegebene Temperatur erreicht.

**[0010]** Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert werden, um das Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Ladezustand (SOC) einer Traktionsbatterie zum Zuführen elektrischer Energie zu einem elektrischen Fahrmotor zu steuern. Das SOC kann einen Hinweis auf die verbleibende Zeit geben, bis der Verbrennungsmotor gestartet werden sollte, um den elektrischen Fahrmotor zu ergänzen oder zu ersetzen. Der mindestens

eine Prozessor kann konfiguriert sein, um den ersten Katalysator vorzuwärmen, wenn der SOC der Traktionsbatterie gleich oder kleiner als ein vordefinierter Schwellenwert ist. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann bestimmen, wann mit dem Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit vom SOC der Traktionsbatterie begonnen werden soll.

**[0011]** Alternativ oder zusätzlich kann der mindestens eine Prozessor konfiguriert werden, um die Vorwärmung des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Fahrer Drehmomentanforderung zu steuern. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann bestimmen, wann mit dem Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit vom erforderlichen Fahrermoment begonnen werden soll.

**[0012]** Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert sein, um den ersten Katalysator durch Erregen des elektrischen Heizelements vorzuwärmen. Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert werden, um das elektrische Heizelement nach dem Starten des Verbrennungsmotors spannungsfrei zu schalten.

**[0013]** Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert sein, um die Temperatur des ersten Katalysators durch Modellierung der Temperatur zu bestimmen, beispielsweise basierend auf empirischen Daten. Alternativ oder zusätzlich kann das Fahrzeug einen Temperatursensor zum Messen einer Temperatur des ersten Katalysators umfassen. Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert werden, um ein Temperatursignal von dem Temperatursensor zu empfangen und die Temperatur des ersten Katalysators in Abhängigkeit von dem Temperatursignal zu bestimmen.

**[0014]** Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert werden, um ein oder mehrere Ventile zum Steuern der Luftzufuhr über das elektrische Heizelement hinaus zu steuern.

**[0015]** Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert werden, um die Pumpeneinrichtung zu steuern. Der mindestens eine Prozessor kann konfiguriert sein, um die Pumpmittel zu aktivieren, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen, um den ersten Katalysator vorzuwärmen.

**[0016]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Vorwärmen eines Katalysators für ein Fahrzeug vorgesehen, wobei das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, eine mit dem Verbrennungsmotor verbundene Abgasleitung, einen in der Abgasleitung angeordneten ersten Katalysator zur Abgasbehandlung, ein in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnetes elektrisches Heizelement und Pumpmittel zum Pum-

pen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei aufweist; wobei das Verfahren umfasst:

Aktivieren des elektrischen Heizelements;

Betreiben der Pumpmittel, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen, um den ersten Katalysator vorzuwärmen;

Bestimmen der Temperatur des ersten Katalysators; und

Einleiten des Starts des Verbrennungsmotors, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich einer vorbestimmten Temperatur ist.

**[0017]** Das Fahrzeug kann eine Traktionsbatterie zum Zuführen von elektrischer Energie zu einem elektrischen Fahrmotor umfassen. Das Verfahren kann das Steuern der Vorwärmung des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Ladezustand (SOC) der Traktionsbatterie umfassen. Das Verfahren kann beispielsweise das Bestimmen umfassen, wann mit dem Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit vom SOC der Traktionsbatterie begonnen werden soll.

**[0018]** Das Verfahren kann das Steuern der Vorwärmung des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Fahrerdrehmomentbedarf umfassen. Das Verfahren kann beispielsweise das Bestimmen umfassen, wann mit dem Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit von der Anforderung an das Fahrermoment begonnen werden soll.

**[0019]** Das Verfahren kann das Vorwärmen des ersten Katalysators durch Aktivieren des elektrischen Heizelements umfassen.

**[0020]** Das Verfahren kann das Abschalten des elektrischen Heizelements nach dem Anlassen des Verbrennungsmotors umfassen.

**[0021]** Die vorgegebene Temperatur kann eine Schwellentemperatur umfassen. Die vorgegebene Temperatur kann beispielsweise definiert werden als 150°C, 175°C, 200°C, 225°C oder 250°C. Es versteht sich, dass die vorgegebene Temperatur in Abhängigkeit von den Eigenschaften des ersten Katalysators kalibriert werden kann.

**[0022]** Das Verfahren kann das Bestimmen der Temperatur des ersten Katalysators durch Modellieren der Temperatur umfassen, beispielsweise basierend auf empirischen Daten. Alternativ oder zusätzlich kann das Verfahren das Bestimmen der Temperatur des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Temperatursignal von einem Temperatursensor umfassen.

**[0023]** Das Verfahren kann das Steuern eines oder mehrerer Ventile zum Steuern der Luftzufuhr über das elektrische Heizelement hinaus umfassen.

**[0024]** Das Verfahren kann das Steuern der Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei umfassen.

**[0025]** Das Verfahren kann den Betrieb eines elektrischen Fahrmotors zum Antreiben des Verbrennungsmotors umfassen, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen.

**[0026]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Fahrzeug vorgesehen, das einen Verbrennungsmotor, eine Abgasleitung, einen in der Abgasleitung angeordneten ersten Katalysator zur Abgasbehandlung, ein in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnetes elektrisches Heizelement und eine Pumpvorrichtung zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei umfasst;

wobei das Fahrzeug eine Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit wie hierin beschrieben zum Steuern des elektrischen Heizelements zum Vorwärmen des ersten Katalysators umfasst, wobei die Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit konfiguriert ist, um den Verbrennungsmotor zu starten, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich der vorbestimmten Temperatur ist.

**[0027]** Das Fahrzeug kann einen elektrischen Fahrmotor umfassen. Der elektrische Fahrmotor und der Verbrennungsmotor können die Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei bereitstellen. Der elektrische Fahrmotor kann so betrieben werden, dass er den Verbrennungsmotor antreibt, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen. Das Antreiben des Verbrennungsmotors kann das Drehen des Verbrennungsmotors ohne Zufuhr von Kraftstoff zur Verbrennung umfassen. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät kann Einlass- und/oder Auslassventile innerhalb des Verbrennungsmotors steuern, um das Fahren zu erleichtern.

**[0028]** Die Pumpmittel können einen elektrischen Kompressor zum Zuführen von Druckluft zum Verbrennungsmotor umfassen.

**[0029]** Die Pumpmittel können einen Elektromotor umfassen, der mit einem Laufrad verbunden ist, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen. Die Pumpmittel können in einem Rezirkulationskreislauf angeordnet sein. Der Rezirkulationskreislauf kann beispielsweise so konfiguriert sein, dass er die Luft durch das Nachbehandlungssystem zurückführt.

**[0030]** Das elektrische Heizelement kann in einem elektrisch beheizten Katalysator angeordnet sein, der stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnet ist.

**[0031]** Jede hierin beschriebene Steuereinheit oder Steuerung kann geeignet eine Rechenvorrichtung mit einem oder mehreren elektronischen Prozessoren umfassen. Das System kann aus einer einzelnen Steuereinheit oder einer elektronischen Steuerung bestehen, oder alternativ können verschiedene Funktionen der Steuerung in verschiedenen Steuereinheiten oder Steuerungen ausgeführt oder in diesen untergebracht sein. Wie hierin verwendet, umfasst der Begriff „Steuerung“ oder „Steuereinheit“ sowohl eine einzelne Steuereinheit oder Steuerung als auch eine Vielzahl von Steuereinheiten oder Steuerungen, die gemeinsam betrieben werden, um eine bestimmte Steuerungsfunktionalität bereitzustellen. Um eine Steuerung oder Steuereinheit zu konfigurieren, kann ein geeigneter Satz von Anweisungen bereitgestellt werden, die, wenn sie ausgeführt wird, die Steuereinheit oder die Rechenvorrichtung veranlassen, die hierin beschriebenen Steuertechniken zu implementieren. Der Befehlssatz kann geeignet in den einen oder die mehreren elektronischen Prozessoren eingebettet sein. Alternativ kann der Befehlssatz auch als Software bereitgestellt werden, die in einem oder mehreren Speichern gespeichert ist, die der Steuerung zugeordnet sind, um auf der Rechenvorrichtung ausgeführt zu werden. Die Steuereinheit oder Steuerung kann in einer Software implementiert werden, die auf einem oder mehreren Prozessoren läuft. Eine oder mehrere andere Steuereinheiten oder Steuerungen können in Software implementiert werden, die auf einem oder mehreren Prozessoren ausgeführt wird, optional auf denselben einen oder mehreren Prozessoren wie die erste Steuerung. Es können auch andere geeignete Vorkehrungen getroffen werden.

**[0032]** Im Rahmen dieser Anwendung ist ausdrücklich vorgesehen, dass die verschiedenen Aspekte, Ausführungsformen, Beispiele und Alternativen, die in den vorstehenden Absätzen, in den Ansprüchen und/oder in den folgenden Beschreibungen und Zeichnungen dargelegt sind, und insbesondere die einzelnen Merkmale davon, unabhängig oder in beliebiger Kombination übernommen werden können. Das heißt, alle Ausführungsformen und/oder Merkmale einer Ausführungsform können in beliebiger Weise und/oder Kombination kombiniert werden, es sei denn, diese Merkmale sind nicht kompatibel. Der Anmelder behält sich das Recht vor, eine ursprünglich eingereichte Forderung zu ändern oder eine neue Forderung entsprechend einzureichen, einschließlich des Rechts, eine ursprünglich eingereichte Forderung zu ändern, um von einer anderen Forderung abhängig zu sein und/oder eine Eigenschaft einer an-

deren Forderung aufzunehmen, obwohl sie ursprünglich nicht auf diese Weise geltend gemacht wurde.

#### Figurenliste

**[0033]** Eine oder mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun exemplarisch nur noch mit Bezug auf die Begleitpersonen beschrieben, in denen:

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einem Katalysator-Vorheizsteuengerät gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors und einer funktionsfähig gesteuerten Abgasleitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Abb. 3** zeigt eine schematische Darstellung einer alternativen Konfiguration des Verbrennungsmotors und der funktionsfähig gesteuerten Abgasleitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Abb. 4** zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Konfiguration des Verbrennungsmotors und der funktionsfähig gesteuerten Abgasleitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**Abb. 5** zeigt eine schematische Darstellung einer noch weiteren Konfiguration des Verbrennungsmotors und der funktionsfähig gesteuerten Abgasleitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0034]** Ein Fahrzeug **1** mit einem Verbrennungsmotor **2** und einer Abgasleitung **3** gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 1** schematisch dargestellt. Der Verbrennungsmotor **2** ist ein Selbstzündungsmotor, wie beispielsweise ein Dieselmotor. In alternativen Ausführungsformen kann der Verbrennungsmotor **2** ein Fremdzündungsmotor, wie beispielsweise ein Benzinmotor, sein.

**[0035]** Das Fahrzeug **1** in der vorliegenden Ausführungsform ist ein Automobil, aber die vorliegende Erfindung kann auf andere Fahrzeugtypen angewendet werden. Das Fahrzeug **1** umfasst einen elektrischen Fahrmotor **4**, der mit einer Traktionsbatterie **5** verbunden ist. Der elektrische Fahrmotor **4** ist betreibbar, um eine Traktionskraft zum Antreiben des Fahrzeugs **1** auszugeben. Der elektrische Fahrmotor **4** ist antriebsmäßig mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors **2** verbunden. Der elektrische Fahrmotor **4** kann beispielsweise in ein Getriebe (nicht dargestellt) eingebaut werden, das mit dem Verbrennungsmotor **2** verbunden ist. Der elektrische Fahrmotor **4** ist betreibbar, um den Verbrennungsmotor **2** zu drehen,

wenn der Verbrennungsmotor **2** nicht mit Kraftstoff versorgt wird, was hierin als Motorantrieb bezeichnet wird.

**[0036]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** weist der Verbrennungsmotor **2** eine Lufteinlassleitung **6** und einen Abgasauslass **7** auf. Im Betrieb wird dem Verbrennungsmotor **2** über die Lufteinlassleitung **6** Luft zur Verbrennung mit Kraftstoff in der (den) Brennkammer(n) (nicht dargestellt) des Verbrennungsmotors **2** zugeführt. In der Lufteinlassleitung **6** sind ein elektrischer Verdichter **8** und ein Turbolader **9** zum Verdichten der Luft in der ersten und zweiten Stufe angeordnet. Das Abgas wird aus dem Abgasauslass **7** in die Abgasleitung **3** ausgestoßen. Der Abgasauslass **7** kann z.B. in Form eines Abgaskrümmers ausgeführt sein. Der elektrische Verdichter **8** umfasst ein erstes Laufrad **10** und einen Elektromotor **11**. Der Elektromotor **11** wird mit Strom versorgt, um das erste Laufrad **10** antreibend zu drehen. Der Turbolader **9** umfasst ein zweites Laufrad **12** und eine in der Abgasleitung **3** angeordnete Turbine **13**. Die Turbine **13** wird durch das ausgetriebene Abgas gedreht und dreht das zweite Laufrad **12** antreibend. Im Einsatz liefern der elektrische Verdichter **8** und der Turbolader **9** dem Verbrennungsmotor **2** Luft bei einem Druck, der höher ist als der Atmosphärendruck.

**[0037]** Die Rückführung des Abgases durch den Verbrennungsmotor **2** kann Emissionen wie Stickoxide (NOx) reduzieren. Eine Hochdruck-Abgasrückführleitung (HP-EGR) Linie **14** ist vorgesehen, um Hochdruck-Abgas aus der Abgasleitung **3** rückzuführen. Wie in **Fig. 2** dargestellt, weist die HP-EGR-Linie **14** einen HP-EGR-Einlass **15** auf, der zwischen dem Abgasauslass **7** des Verbrennungsmotors **2** und der Turbine **13** des Turboladers **9** angeordnet ist; und einen HP-EGR-Auslass **16**, der zwischen dem zweiten Laufrad **12** und dem Lufteinlass angeordnet ist. Ein erster Wärmetauscher **17** und ein HP-EGR-Ventil **18** sind in der HP-EGR-Linie **14** angeordnet. Der erste Wärmetauscher **17** leitet die Wärme aus dem Abgas ab, bevor sie wieder in den Verbrennungsmotor **2** eingeleitet wird; und das HP-EGR-Ventil **18** steuert die Rückführung des Hochdruck-Abgases. Ein Teil des Hochdruckabgases des Verbrennungsmotors **2** kann selektiv über die HP-EGR-Leitung **14** zurückgeführt werden.

**[0038]** In der Abgasleitung **3** stromabwärts des Turboladers **9** ist ein Nachbehandlungssystem **19** vorgesehen. Das Nachbehandlungssystem **19** ist konfiguriert, um die Abgase des Verbrennungsmotors **2** zu behandeln, beispielsweise um die Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (HC) und Stickoxid (NOx) zu reduzieren. Das Nachbehandlungssystem **19** umfasst ein elektrisches Heizelement **20** und mindestens einen ersten Katalysator **21**. Der erste Katalysator **21** ist in der Abgasleitung **3** stromabwärts des elektrischen Heizelements

**20** angeordnet. Wie hierin beschrieben, funktioniert das elektrische Heizelement **20**, um den ersten Katalysator **21** vor dem Anlassen des Verbrennungsmotors **2** vorzuwärmen. Insbesondere ist das elektrische Heizelement **20** konfiguriert, um den ersten Katalysator **21** auf einen vorbestimmten Temperaturschwellenwert **T1** vorzuwärmen. Der vorgegebene Temperaturschwellenwert **T1** kann beispielsweise einer Abschalttemperatur des ersten Katalysators **21** entsprechen. In der vorliegenden Ausführungsform ist das elektrische Heizelement **20** in einen elektrisch beheizten Katalysator **22** integriert. Es versteht sich, dass das Nachbehandlungssystem **19** sinnvollerweise zusätzliche Komponenten und/oder Vorrichtungen zur Abgasbehandlung vor der Freisetzung in die Atmosphäre beinhalten kann.

**[0039]** Eine Niederdruck-Abgasrückführleitung (LP-EGR) **24** ist vorgesehen, um Niederdruck-Abgas von der Abgasleitung **3** zur Lufteinlassleitung **6** des Verbrennungsmotors **2** rückzuführen. Wie in **Fig. 2** dargestellt, weist die LP-EGR-Leitung **24** einen LP-EGR-Einlass **25** auf, der stromabwärts des ersten Katalysators **21** angeordnet ist, und einen LP-EGR-Auslass **26**, der stromaufwärts des ersten Laufrads **10** angeordnet ist. Ein zweiter Wärmetauscher **27** und ein LP-EGR-Ventil **28** sind in der LP-EGR-Leitung **24** angeordnet. Der zweite Wärmetauscher **27** leitet die Wärme aus dem Abgas ab, bevor sie wieder in den Verbrennungsmotor **2** eingeleitet wird; und das LP-EGR-Ventil **28** steuert die Rückführung des Niederdruck-Abgases. Ein Teil des Niederdruckabgases des Verbrennungsmotors **2** kann selektiv durch die LP-EGR-Leitung **24** zurückgeführt werden.

**[0040]** Das Fahrzeug **1** umfasst eine Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit **29** zum Steuern des Betriebs des elektrischen Heizelements **20** zum Vorwärmen des ersten Katalysators **21**. Die Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit **29** umfasst einen Prozessor **30**, der mit einer Speichervorrichtung **31** verbunden ist. Ein Satz von nicht-flüchtigen Berechnungsanweisungen wird auf der Speichervorrichtung **31** gespeichert. Wenn die Berechnungsanweisungen ausgeführt werden, veranlassen sie den Prozessor **30**, die hierin beschriebenen Verfahren auszuführen. Ein Temperatursensor **32**, der in dem ersten Katalysator **21** angeordnet ist, gibt ein erstes Temperatursignal ST1 an den Prozessor **30** aus, um eine Anzeige der Temperatur des ersten Katalysators **21** zu liefern. Ein erster Temperaturschwellenwert **T1** wird in der Speichervorrichtung **31** gespeichert, und bei Verwendung vergleicht der Prozessor **30** die gemessene Temperatur des ersten Katalysators **21** mit dem ersten Temperaturschwellenwert **T1**. Der erste Temperaturschwellenwert **T1** kann beispielsweise einer Abschalttemperatur des ersten Katalysators **21** entsprechen, d.h. einer Temperatur, bei der der erste Katalysator **21** aktiviert wird. Als Beispiel kann der erste Temperaturschwellenwert **T1** mit 150°C definiert

werden. Es ist zu beachten, dass der erste Temperaturschwellenwert **T1** in Abhängigkeit von den Eigenschaften des ersten Katalysators **21**, insbesondere der Abschalttemperatur des ersten Katalysators **21**, kalibriert werden kann. Die Abschalttemperatur kann je nach verwendetem Katalysator variieren, aber eine typische erste Temperaturschwelle **T1** liegt im Bereich von 150°C bis 250°C. Es versteht sich, dass die Temperatur des ersten Katalysators **21** modelliert werden kann, beispielsweise in Abhängigkeit von den Betriebsparametern des elektrischen Heizelements **20**.

**[0041]** Das elektrische Heizelement **20** wird unter Spannung gesetzt, um den ersten Katalysator **21** vor dem Anlassen des Verbrennungsmotors **2** vorzuwärmen. Wie vorstehend beschrieben, ist der erste Katalysator **21** in der Abgasleitung **3** stromabwärts des elektrischen Heizelements **20** angeordnet. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** ist konfiguriert, um das elektrische Heizelement **20** mit Strom zu versorgen und dadurch die Temperatur des elektrisch erwärmten Katalysators **22** zu erwärmen. Im Gebrauch wird Luft durch den elektrisch beheizten Katalysator **22** gepumpt und durch das elektrische Heizelement **20** erwärmt. Die erwärmte Luft wird durch den ersten Katalysator **21** gepumpt und die Wärme wird auf den ersten Katalysator **21** übertragen. Der Temperatursensor **32** misst die Temperatur des ersten Katalysators **21** und gibt das erste Temperatursignal **ST** an den Prozessor **30** aus. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** überwacht die Temperatur des ersten Katalysators **21**. Wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** gleich der ersten Temperaturschwelle **T1** ist, gibt der Prozessor **30** ein Motorstartanforderungssignal **S2** aus, um den Motorstart einzuleiten. In der vorliegenden Ausführungsform wird das Motorstartanforderungssignal **S2** an ein Motorsteuergerät **33** ausgegeben, das den Betrieb des Verbrennungsmotors **2** und des elektrischen Fahrmotors **4** steuert. Die Motorsteuereinheit **33** ist konfiguriert, um ein Motorsteuersignal **S3** und ein Fahrmotor-Signalsignal **S4** auszugeben. Die Motorsteuereinheit **33** ist konfiguriert, um den Verbrennungsmotor **2** nach Empfang des Motorstartanforderungssignals **S2** von der Katalysator-Vorwärmsteuereinheit **29** zu starten. Die detaillierte Funktionsweise des Motorsteuergerätes **33** geht über den Rahmen der vorliegenden Offenbarung hinaus. Es ist zu beachten, dass in alternativen Ausführungsformen das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** in das Motorsteuergerät **33** eingebaut werden kann.

**[0042]** Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** dient zum Vorwärmen des ersten Katalysators **21** vor dem Anlassen des Verbrennungsmotors **2**. Der erste Katalysator **21** kann vor einem Kaltstart des Verbrennungsmotors **2** vorgewärmt werden. In bestimmten Ausführungsformen kann das Fahrzeug **1** ausschließlich vom elektrischen Fahrmotor **4** ange-

trieben werden. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** kann konfiguriert werden, um den ersten Katalysator **21** vorzuwärmen, während das Fahrzeug **1** vom elektrischen Fahrmotor **4** angetrieben wird. Wenn der Verbrennungsmotor **2** für einen bestimmten Zeitraum gestoppt wird, kann das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** den ersten Katalysator **21** vor dem Wiederanlauf des Verbrennungsmotors **2** vorwärmen, beispielsweise wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** unter den vorgegebenen Temperaturschwellenwert **T1** fällt.

**[0043]** Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** kann konfiguriert werden, um das Vorwärmen des ersten Katalysators **21** in Abhängigkeit von einem bestimmten Ladezustand (SOC) der Traktionsbatterie **5** einzuleiten. So kann beispielsweise das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** konfiguriert werden, um die Vorwärmung einzuleiten, wenn der bestimmte SOC auf einen vordefinierten Schwellenwert sinkt. Der Schwellenwert kann beispielsweise so definiert werden, dass sichergestellt ist, dass in der Traktionsbatterie **5** ausreichend Energie vorhanden ist, um den Betrieb des elektrischen Fahrmotors **4** aufrechtzuerhalten, während der erste Katalysator **21** vor dem Wiederanlauf des Verbrennungsmotors **2** auf eine Temperatur oberhalb oder gleich einer Abschalttemperatur vorgewärmt wird. Andere Faktoren, die von der Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit **29** verwendet werden können, sind einer oder mehrere der folgenden: eine Entladerate, ein tatsächlicher Fahrerbedarf, ein vorhergesagter Fahrerbedarf und eine verbleibende Fahrzeit. Der Prozessor **30** kann konfiguriert werden, um eine Sollzeit für das Wiederanlaufen des Verbrennungsmotors **2** zu bestimmen, um ein Drehmoment zum Antreiben des Fahrzeugs **1** zu erzeugen (entweder in Verbindung mit oder anstelle des elektrischen Fahrmotors **4**). Die Sollzeit kann beispielsweise in Abhängigkeit vom SOC der Traktionsbatterie **5** und/oder einem Fahrer Drehmomentbedarf bestimmt werden. Der Fahrer Drehmomentbedarf kann in Abhängigkeit von einem Drehmomentanforderungssignal **STQ** bestimmt werden, z.B. ausgegeben von einem Pedalpositionssensor für ein Gaspedal des Fahrzeugs **1**. Der Prozessor **30** kann das Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit von der bestimmten Sollzeit steuern. Der Prozessor **30** kann beispielsweise eine Vorwärmung einleiten, so dass die Temperatur des ersten Katalysators **21** größer oder gleich dem Temperaturschwellenwert **T1** zu (oder vor) der bestimmten Sollzeit ist. Da der erste Katalysator **21** vorgewärmt wurde, wirkt das Nachbehandlungssystem **19** beim Anlassen des Verbrennungsmotors **2**.

**[0044]** Die Abgasleitung **3** und die Lufteinlassleitung **6** können verschiedene Konfigurationen aufweisen, so dass Luft an dem elektrischen Heizelement **20** und durch den ersten Katalysator **21** vorbei gepumpt werden kann. Diese verschiedenen Ausführungsformen

werden nun mit Bezug auf die Begleitpersonen beschrieben.

**[0045]** In der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform ist eine Motorbypassleitung **34** vorgesehen, um den Verbrennungsmotor **2** während des Vorheizens des ersten Katalysators **21** zu umgehen. Die Motorbypassleitung **34** umfasst einen Bypass-Einlass **35**, einen Bypass-Auslass **36** und ein Bypass-Steuergesetz **37**. Der Bypass-Einlass **35** ist in der Lufteinlassleitung **6** zwischen dem elektrischen Verdichter **8** und dem Turbolader **9** angeordnet. Der Bypass-Auslass **36** ist in der Abgasleitung **3** vor dem Nachbehandlungssystem **19** angeordnet. Die Katalysator-Vorwärmungssteuerungseinheit **29** ist konfiguriert, um ein Bypassventilsteuersignal **S5** zum Steuern des Betriebs des Bypasssteuerventils **37** auszugeben. Das Bypass-Steuerventil **37** verhindert, dass der elektrische Kompressor **8** in die Abgasleitung **3** eintritt, anstatt die Einlassladung zu komprimieren. In der vorliegenden Ausführungsform wird der elektrische Kompressor **8** betrieben, um Luft durch das Nachbehandlungssystem **19** zu pumpen. Insbesondere ist die Katalysator-Vorheizsteuerungseinheit **29** konfiguriert, um ein elektrisches Verdichtersteuersignal **S6** zum Steuern des elektrischen Verdichters **8** auszugeben.

**[0046]** Im Einsatz bestimmt das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29**, wann der Verbrennungsmotor **2** gestartet werden soll. Die Katalysator-Vorwärmungssteuerungseinheit **29** gibt das Bypassventilsteuersignal **S5** aus, um das Bypasssteuerventil **37** zu öffnen; und das elektrische Verdichtersteuersignal **S6**, um den elektrischen Verdichter **8** zu aktivieren. Das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** gibt auch das elektrische Heizungs-Steuersignal **S1** aus, um das elektrische Heizelement **20** so zu erregen, dass die am elektrischen Heizelement **20** vorbeilaufende Luft erwärmt wird. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** empfängt das erste Temperatursignal **ST** und überwacht die Temperatur des ersten Katalysators **21**. Wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** gleich dem ersten Temperaturschwellenwert **T1** ist, gibt das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** das Motorstartanforderungssignal **S2** an das Motorsteuergerät **33** aus. Als Reaktion auf das Motorstartanforderungssignal **S2** gibt das Motorsteuergerät **33** das Motorsteuersignal **S3** zum Starten des Verbrennungsmotors **2** aus. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** schaltet auch das elektrische Heizelement **20** stromlos, um die Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu beenden.

**[0047]** In der in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsform wird die HP-EGR-Linie **14** verwendet, um den Verbrennungsmotor **2** während der Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu umgehen. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** ist konfiguriert, um ein Bypassventilsteuersignal **S5** zum Steuern des Betriebs des HP-EGR-Ventils **18** auszugeben. Der elek-

trische Kompressor **8** wird betrieben, um Luft durch das Nachbehandlungssystem **19** zu pumpen. Insbesondere ist die Katalysator-Vorheizsteuerungseinheit **29** konfiguriert, um ein elektrisches Verdichtersteuersignal **S6** zum Steuern des elektrischen Verdichters **8** auszugeben.

**[0048]** Im Einsatz bestimmt das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29**, wann der Verbrennungsmotor **2** gestartet werden soll. Die Katalysator-Vorwärmungssteuerungseinheit **29** gibt das Bypassventilsteuersignal **S5** zum Öffnen des HP-EGR-Ventils **18** und das elektrische Verdichtersteuersignal **S6** zum Aktivieren des elektrischen Verdichters **8** aus. Das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** gibt auch das elektrische Heizungs-Steuersignal **S1** aus, um das elektrische Heizelement **20** so zu erregen, dass die am elektrischen Heizelement **20** vorbeilaufende Luft erwärmt wird. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** empfängt das erste Temperatursignal **ST** und überwacht die Temperatur des ersten Katalysators **21**. Wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** gleich dem ersten Temperaturschwellenwert **T1** ist, gibt das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** das Motorstartanforderungssignal **S2** an das Motorsteuergerät **33** aus. Als Reaktion auf das Motorstartanforderungssignal **S2** gibt das Motorsteuergerät **33** das Motorsteuersignal **S3** zum Starten des Verbrennungsmotors **2** aus. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** schaltet auch das elektrische Heizelement **20** stromlos, um die Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu beenden.

**[0049]** In der in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsform wird der elektrische Fahrmotor **4** betrieben, um den Verbrennungsmotor **2** während der Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu motorisieren. Dabei wird der Verbrennungsmotor **2** genutzt, um Luft am elektrischen Heizelement **20** vorbei zu pumpen. Das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** ist konfiguriert, um ein Fahrmotor-Steuersignal **S7** an das Motorsteuergerät **33** auszugeben. Das Motorsteuergerät **33** aktiviert den elektrischen Fahrmotor **4**, ohne dem Verbrennungsmotor **2** Kraftstoff zuzuführen, um den Motor zu betreiben.

**[0050]** Im Einsatz bestimmt das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29**, wann der Verbrennungsmotor **2** gestartet werden soll. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** gibt das Fahrmotor-Steuersignal **S7** aus, um zu verlangen, dass das Motorsteuergerät **33** den elektrischen Fahrmotor **4** aktiviert. Die Motorsteuerungseinheit **33** kann konfiguriert werden, um Ein- und Auslassventile innerhalb des Verbrennungsmotors **2** zu öffnen, um das Pumpen von Luft aus der Lufteinlassleitung **6** in die Abgasleitung **3** zu erleichtern. Das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** gibt auch das elektrische Heizungs-Steuersignal **S1** aus, um das elektrische Heizelement **20** so zu erregen, dass die am elektrischen Heizelement **20** vorbeilaufende

fende Luft erwärmt wird. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** empfängt das erste Temperatursignal **ST** und überwacht die Temperatur des ersten Katalysators **21**. Wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** gleich dem ersten Temperaturschwellenwert **T1** ist, gibt das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** das Motorstartanforderungssignal **S2** an das Motorsteuergerät **33** aus. Als Reaktion auf das Motorstartanforderungssignal **S2** gibt das Motorsteuergerät **33** das Motorsteuersignal **S3** zum Starten des Verbrennungsmotors **2** aus. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** schaltet auch das elektrische Heizelement **20** stromlos, um die Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu beenden.

**[0051]** In jeder der vorgenannten Ausführungsformen kann die LP-EGR-Linie **24** verwendet werden, um die erwärmte Luft während der Vorwärmung des ersten Katalysators **21** rückzuführen. Die LP-EGR-Linie **24** kann als Rezirkulationsleitung verwendet werden, um das Vorwärmen des ersten Katalysators **21** zu erleichtern. Insbesondere kann das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** konfiguriert werden, um das LP-EGR-Ventil **28** zu öffnen, damit die erwärmte Luft rückgeführt werden kann. Das elektrische Heizelement **20** kann unter Spannung gesetzt werden, um die an dem elektrischen Heizelement **20** vorbei gepumpte Luft zu erwärmen. Die erwärmte Luft kann dann durch die Lufteinlassleitung **6** zurückgeführt werden, anstatt aus der Abgasleitung **3** in die Atmosphäre zu gelangen. Das HP-EGR-Ventil **18** und das LP-EGR-Ventil **28** können beide geöffnet werden, um den Verbrennungsmotor **2** zu umgehen und mindestens einen Teil der erwärmten Luft stromabwärts des ersten Katalysators **21** durch die Abgasleitung **3** zurückzuleiten.

**[0052]** In der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform ist eine spezielle Rezirkulationsleitung **38** zur Rückführung der erwärmten Luft durch das Nachbehandlungssystem **19** vorgesehen. Eine spezielle Rezirkulationspumpe **39** ist vorgesehen, um die erwärmte Luft während der Vorwärmung des ersten Katalysators **21** durch die Rezirkulationsleitung **38** der Nachbehandlung zu zirkulieren. Die Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit **29** ist konfiguriert, um ein Steuersignal **S8** der Umwälzpumpe auszugeben, um den Betrieb der Umwälzpumpe **39** zu steuern. Optional kann ein Steuerventil (nicht dargestellt) vorgesehen werden, um den Luftstrom durch die Rezirkulationsleitung **38** der Nachbehandlung zu steuern.

**[0053]** Im Einsatz bestimmt das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29**, wann der Verbrennungsmotor **2** gestartet werden soll. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** gibt das Steuersignal **S8** der Umwälzpumpe aus, um die Umwälzpumpe **39** zu aktivieren. Die Rezirkulationspumpe **39** wird betrieben, um Luft durch das Nachbehandlungssystem **19** zu pumpen. Das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** gibt

auch das elektrische Heizungs-Steuersignal **S1** aus, um das elektrische Heizelement **20** so zu erregen, dass die am elektrischen Heizelement **20** vorbeilaufende Luft erwärmt wird. Die Rezirkulationspumpe **39** arbeitet weiter, um die erwärmte Luft durch die Rezirkulationsleitung **38** der Nachbehandlung zu zirkulieren. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** empfängt das erste Temperatursignal **ST** und überwacht die Temperatur des ersten Katalysators **21**. Wenn die Temperatur des ersten Katalysators **21** gleich dem ersten Temperaturschwellenwert **T1** ist, gibt das Katalysator-Vorheizsteuergerät **29** das Motorstartanforderungssignal **S2** an das Motorsteuergerät **33** aus. Als Reaktion auf das Motorstartanforderungssignal **S2** gibt das Motorsteuergerät **33** das Motorsteuersignal **S3** zum Starten des Verbrennungsmotors **2** aus. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** schaltet auch das elektrische Heizelement **20** stromlos, um die Vorwärmung des ersten Katalysators **21** zu beenden. Das Katalysator-Vorwärmungssteuergerät **29** deaktiviert auch die Umwälzpumpe **39**. Zusätzlich zu oder anstelle des elektrischen Heizelements **20** kann in der Rezirkulationsleitung **38** der Nachbehandlung ein separates Heizelement vorgesehen werden.

**[0054]** Es wird darauf hingewiesen, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen an den hierin beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

**[0055]** Es ist zu beachten, dass die hierin beschriebenen Techniken auf ein Fahrzeug **1** angewendet werden können, das keinen elektrischen Fahrmotor **4** beinhaltet. So kann es beispielsweise vorteilhaft sein, den ersten Katalysator **21** in einem Fahrzeug **1** vorzuwärmen, das konfiguriert ist, um eine Stop/Start-Steuerstrategie für den Verbrennungsmotor **2** zu implementieren. Alternativ oder zusätzlich können die Techniken auf ein Fahrzeug angewendet werden, das konfiguriert ist, um eine „Gleit-“ oder „Segelsteuerstrategie“ zu implementieren, bei der der Verbrennungsmotor **2** während der Fahrt des Fahrzeugs **1** gestoppt werden kann, beispielsweise während er eine Steigung hinunterfährt.

## Patentansprüche

1. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit für ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, eine mit dem Verbrennungsmotor verbundene Abgasleitung, einen in der Abgasleitung angeordneten ersten Katalysator zur Abgasbehandlung, einen in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnetes elektrisches Heizelement und Pumpmittel zum Pumpen von Luft über das elektrische Heizelement aufweist; wobei die Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit umfasst:

mindestens einen Prozessor, der konfiguriert ist, um das elektrische Heizelement zum Vorwärmen des ersten Katalysators zu steuern; und eine Speichervorrichtung mit darin gespeicherten Anweisungen, die mit dem mindestens einen Prozessor gekoppelt ist; wobei der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um eine Temperatur des ersten Katalysators zu bestimmen und ein Motorstartanforderungssignal auszugeben, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich einer vorbestimmten Temperatur ist.

2. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit nach Anspruch 1, worin der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um das Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Ladezustand (SOC) einer Traktionsbatterie zum Zuführen elektrischer Energie zu einem elektrischen Fahrmotor zu steuern.

3. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, worin der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um das Vorwärmen des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einer Anforderung an das Fahrerdrehmoment zu steuern.

4. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, worin der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um den ersten Katalysator durch Bestromung des elektrischen Heizelements vorzuwärmen.

5. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit, wie in einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Fahrzeug einen Temperatursensor zum Messen einer Temperatur des ersten Katalysators umfasst; wobei der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um ein Temperatursignal von dem Temperatursensor zu empfangen und die Temperatur des ersten Katalysators in Abhängigkeit von dem Temperatursignal zu bestimmen.

6. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit, wie sie in einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht wird, worin der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um ein oder mehrere Ventile zu steuern, um die Luftzufuhr an dem elektrischen Heizelement vorbei zu steuern.

7. Katalysator-Vorwärmungssteuereinheit, wie sie in einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht wird, worin der mindestens eine Prozessor konfiguriert ist, um die Pumpeneinrichtung zu steuern.

8. Verfahren zum Vorwärmen eines Katalysators für ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug einen Verbrennungsmotor, eine mit dem Verbrennungsmotor verbundene Abgasleitung, einen in der Abgasleitung

angeordneten ersten Katalysator zur Abgasbehandlung, ein in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnetes elektrisches Heizelement und Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei aufweist, wobei das Verfahren umfasst:

Aktivieren des elektrischen Heizelements;  
Betreiben der Pumpmittel, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen, um den ersten Katalysator vorzuwärmen;  
Bestimmen der Temperatur des ersten Katalysators; und  
Einleiten des Starts des Verbrennungsmotors, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich einer vorbestimmten Temperatur ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Fahrzeug eine Traktionsbatterie zum Zuführen von elektrischer Energie zu einem elektrischen Fahrmotor umfasst; wobei das Verfahren das Steuern der Vorwärmung des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Ladezustand der Traktionsbatterie umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, umfassend das Steuern der Vorwärmung des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Fahrerdrehmomentbedarf.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8, 9 oder 10, umfassend das Vorwärmen des ersten Katalysators durch Aktivieren des elektrischen Heizelements.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, worin die Temperatur des ersten Katalysators in Abhängigkeit von einem Temperatursignal von einem Temperatursensor bestimmt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, umfassend das Steuern eines oder mehrerer Ventile zum Steuern der Luftzufuhr über das elektrische Heizelement hinaus.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, umfassend das Steuern der Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, umfassend den Betrieb eines elektrischen Fahrmotors zum Antreiben des Verbrennungsmotors, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen.

16. Fahrzeug, umfassend einen Verbrennungsmotor, eine Abgasleitung, einen ersten Katalysator, der in der Abgasleitung zum Behandeln von Abgas angeordnet ist, ein elektrisches Heizelement, das in der Abgasleitung stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnet ist, und eine Pumpvorrichtung zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement

vorbei; wobei das Fahrzeug eine Katalysator-Vorwärmsteeereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Steuern des elektrischen Heizelements zum Vorwärmen des ersten Katalysators umfasst, wobei die Katalysator-Vorwärmsteeereinheit konfiguriert ist, um den Verbrennungsmotor zu starten, wenn die bestimmte Temperatur des ersten Katalysators größer oder gleich der vorbestimmten Temperatur ist.

17. Fahrzeug nach Anspruch 16, umfassend einen elektrischen Fahrmotor, wobei der elektrische Fahrmotor und der Verbrennungsmotor die Pumpmittel zum Pumpen von Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei bereitstellen, wobei der elektrische Fahrmotor betreibbar ist, um den Verbrennungsmotor zu motorisieren und Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen.

18. Fahrzeug nach Anspruch 16, worin die Pumpeneinrichtung einen elektrischen Kompressor zum Zuführen von Druckluft zum Verbrennungsmotor umfasst

19. Fahrzeug nach Anspruch 16, worin die Pumpeneinrichtung einen Elektromotor umfasst, der mit einem Laufrad verbunden ist, um Luft an dem elektrischen Heizelement vorbei zu pumpen.

20. Fahrzeug nach Anspruch 19, wobei die Pumpeneinrichtung in einem Rezirkulationskreislauf angeordnet ist

21. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 16 bis 20, worin das elektrische Heizelement in einem elektrisch erwärmten Katalysator angeordnet ist, der stromaufwärts des ersten Katalysators angeordnet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

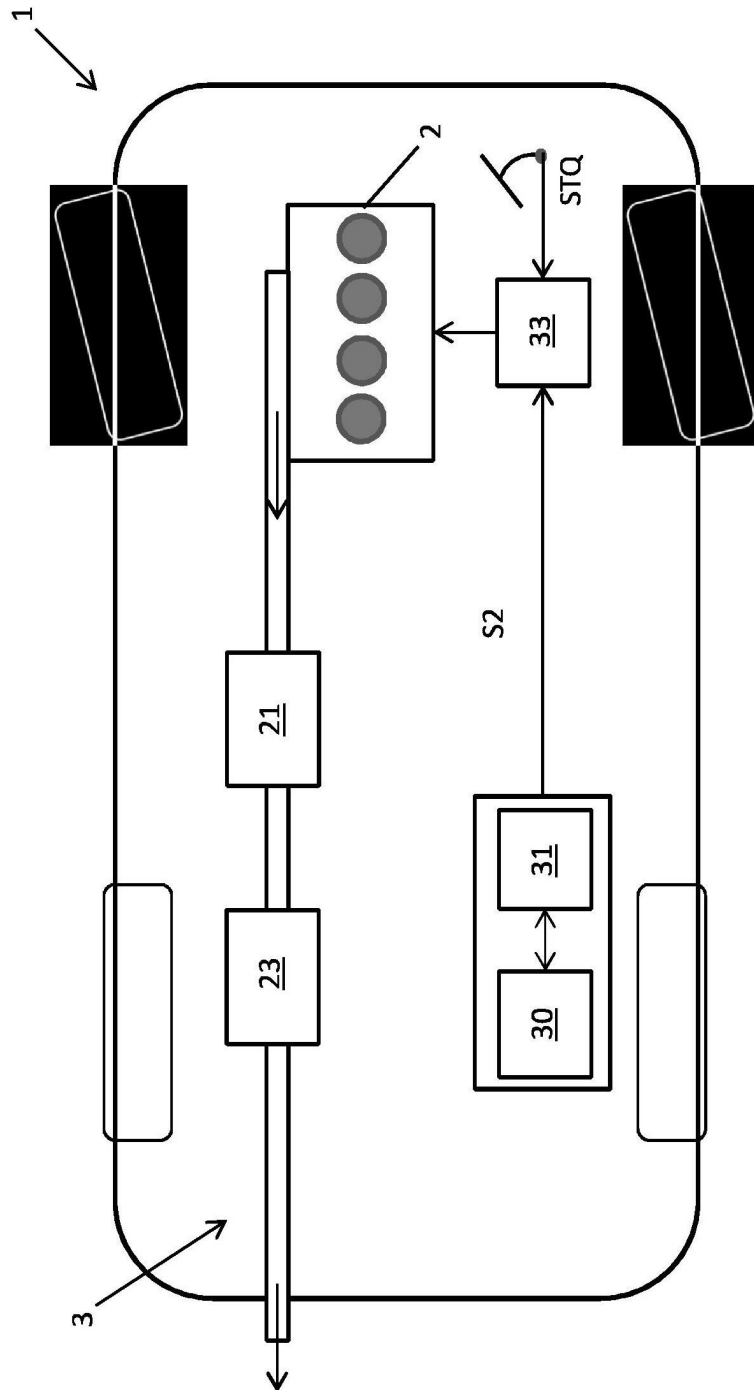


FIG. 1

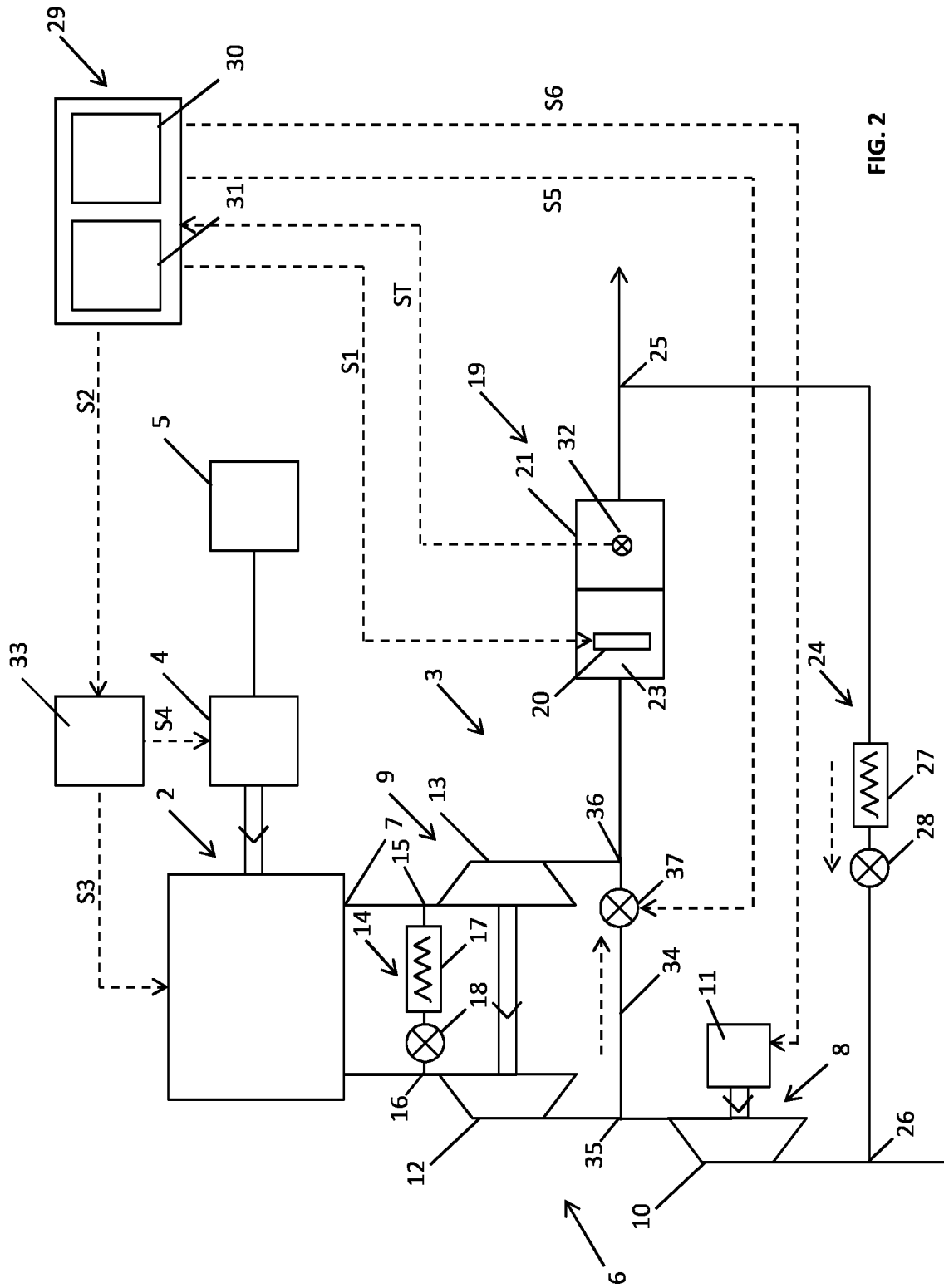


FIG. 2

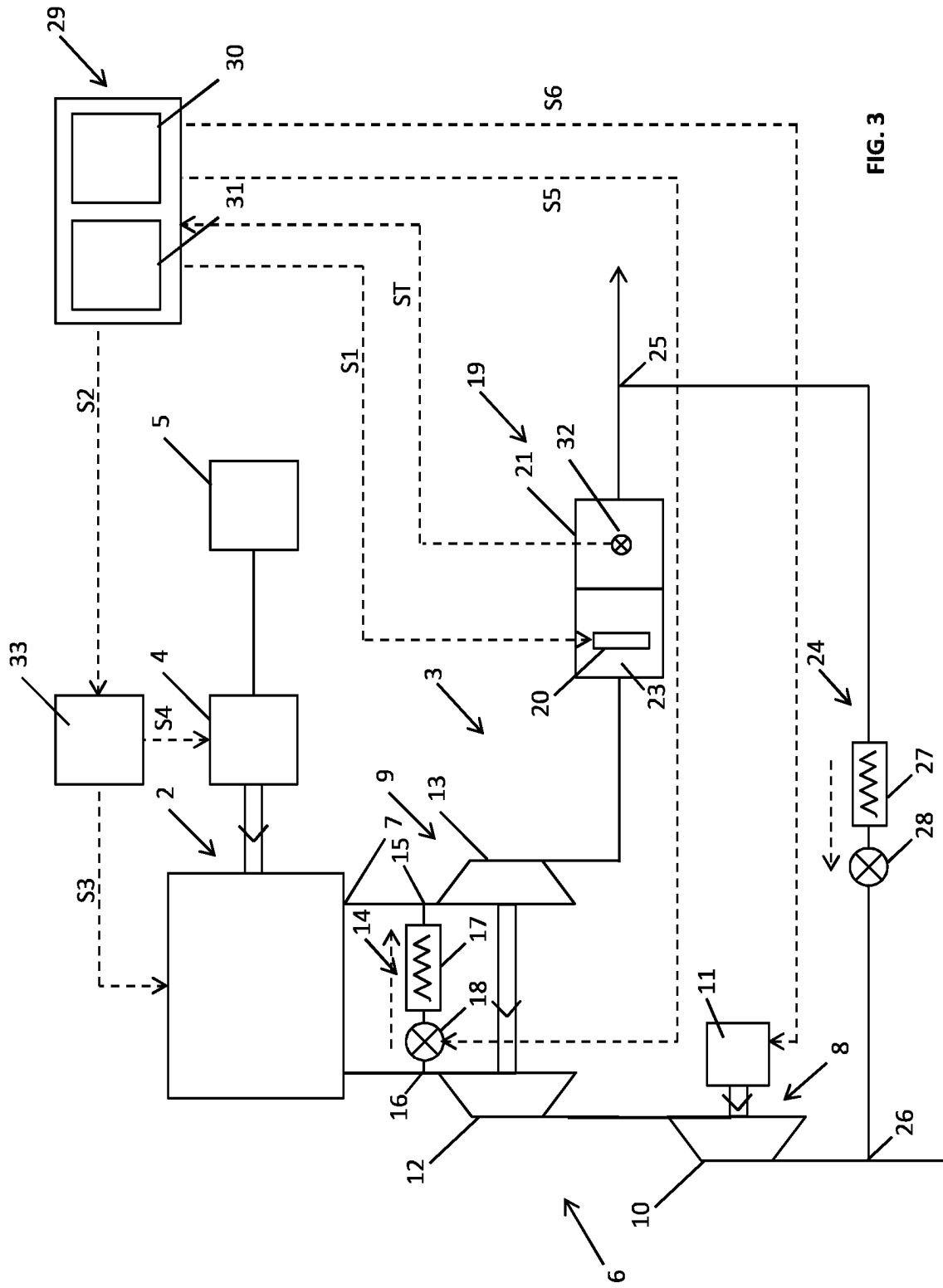


FIG. 3

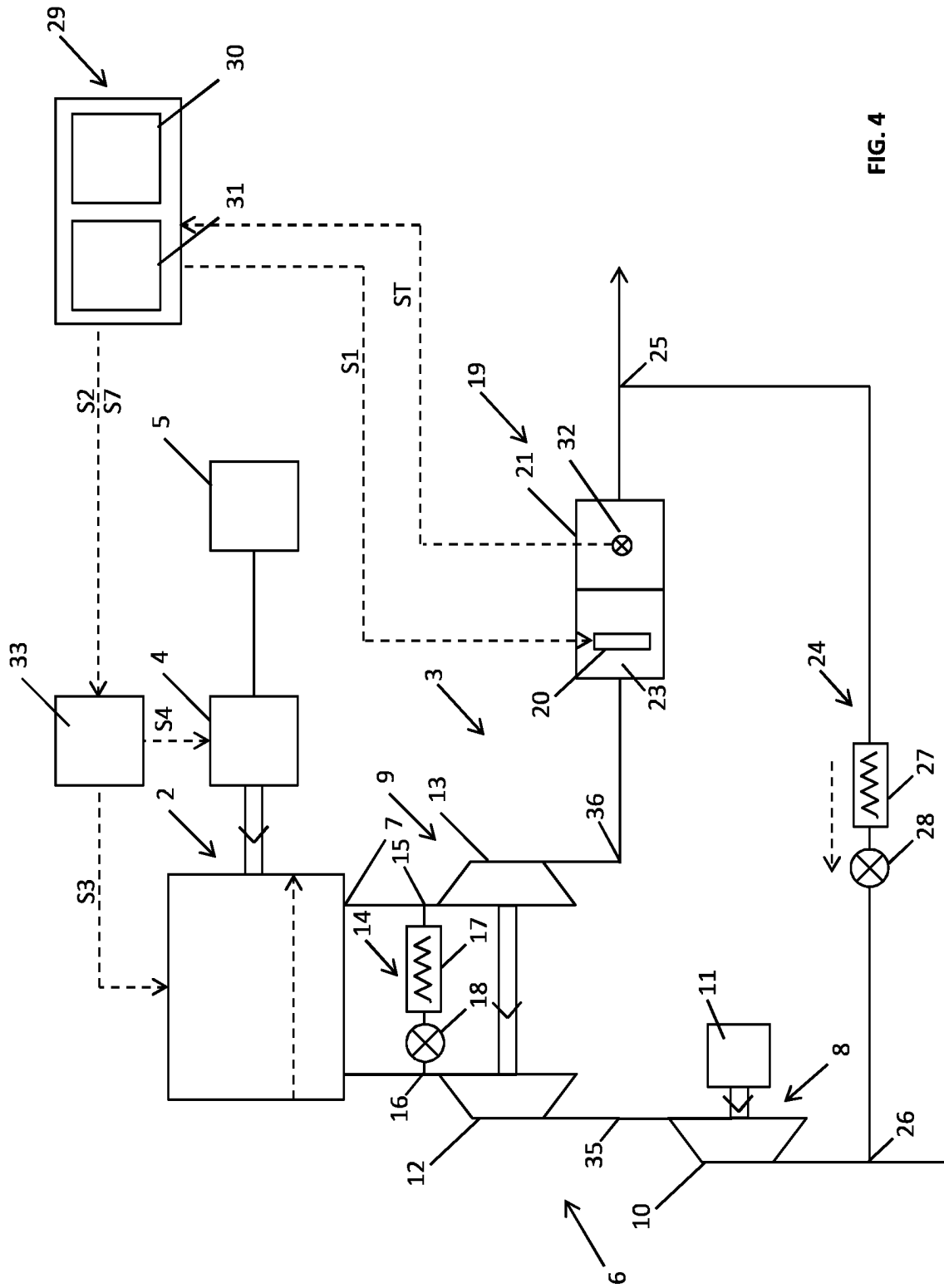


FIG. 4

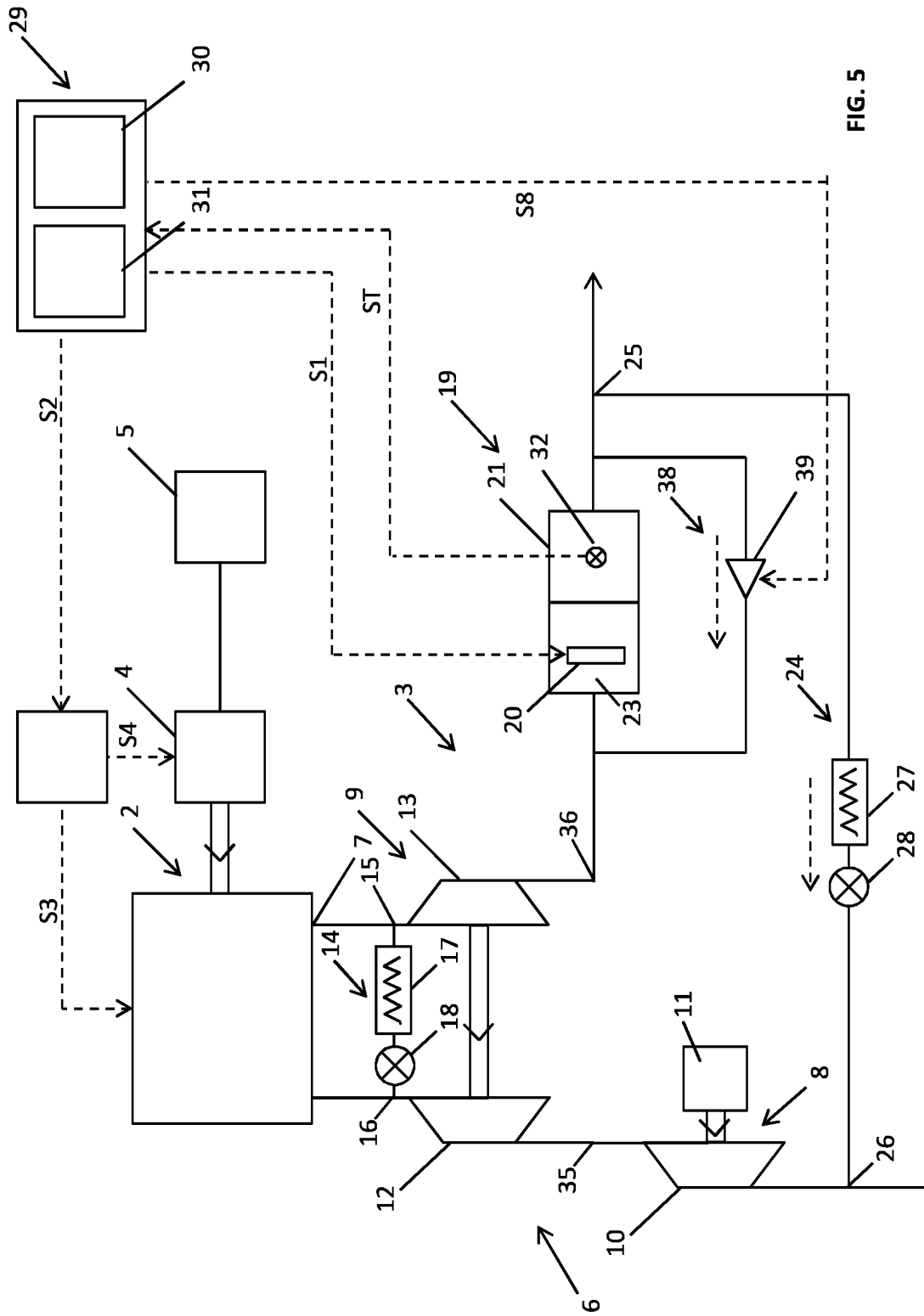


FIG. 5