



(10) **DE 10 2021 204 013 A1** 2022.10.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 204 013.6**

(22) Anmeldetag: **22.04.2021**

(43) Offenlegungstag: **27.10.2022**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00** (2006.01)

**F01N 3/20** (2006.01)

**H05B 3/10** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Vitesco Technologies GmbH, 93055 Regensburg,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Arlt, Tino, 81737 München, DE; Barbier, Pascal,  
81737 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 44 22 198 A1**

**OTTO, Erhard, HELD, Wolfgang,  
DONNERSTAG, Achim, et al. : Die  
Systementwicklung des elektrisch heizbaren  
Katalysators E-Kat für die LEV/ULEV- und EU-III-  
Gesetzgebung. In: Sonderdruck aus MTZ 56  
(1995)**

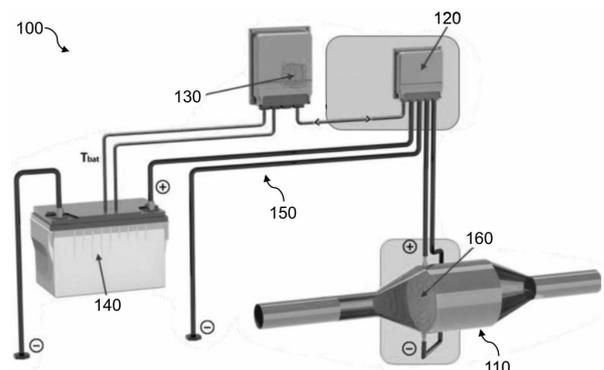
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Steuervorrichtung zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Steuervorrichtung zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100), wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) einen elektrisch beheizten Katalysator (110) mit einer Heizscheibe (160), eine Leistungsversorgungseinheit (140), die elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe (160) bereitstellt, und ein Bordnetz (150), das die Leistung von der Leistungsversorgungseinheit (140) zu dem elektrisch beheizten Katalysator (110) überträgt, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Auslösen einer Aktivierung oder einer Deaktivierung der Heizscheibe (160) des elektrisch beheizten Katalysators (110);
- Überwachen eines elektrischen Werts des Bordnetzes (150) während der ausgelösten Aktivierung und/oder der ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe (160);
- Vergleichen des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes (150) mit einem Referenzwert, um eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) zu detektieren.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Steuervorrichtung zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems, wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem einen elektrisch beheizten Katalysator mit einer Heizscheibe, eine Leistungsversorgungseinheit, die elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe bereitstellt, und ein Bordnetz, das die elektrische Energie von der Leistungsversorgungseinheit zu dem elektrisch beheizten Katalysator überträgt, umfasst.

**[0002]** Herkömmliche elektrisch beheizte Katalysatorsysteme umfassen verschiedene Komponenten. Eine erste Komponente ist der elektrisch beheizte Katalysator mit einer Heizscheibe. Der elektrisch beheizte Katalysator ist dahingehend ausgestaltet, die Abgaskatalysatortemperatur im Abgasnachbehandlungssystem einer Brennkraftmaschine beispielsweise durch Erhitzen des Abgases über die Heizscheibe zu erhöhen. Das elektrisch beheizte Katalysatorsystem umfasst ferner eine Steuereinheit und eine Borddiagnosefunktionalität. Die Steuereinheit und die Borddiagnosefunktionalität sind beispielsweise zwischen einer Steuereinheit für eine Kraftmaschine des Fahrzeugs und einer Steuereinheit für das elektrisch beheizte Katalysatorsystem aufgeteilt. Der Datenaustausch zwischen diesen beiden Steuereinheiten erfolgt hauptsächlich durch einen CAN-Bus. Austauschdaten sind beispielsweise Steuerdaten (von einer Kraftmaschinensteuereinheit zu einer Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysators) oder Messdaten oder Borddiagnoseinformationen (von einer Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysators zu einer Kraftmaschinensteuereinheit). Im Fall eines Defekts der Heizscheibe detektiert die Borddiagnosefunktionalität einen Ausfall und kann daher eine Fehlfunktionsleuchte einschalten oder das Vornehmen eines Eintrags in einen Fehlerspeicher auslösen. In einem solchen Fall muss das elektrisch beheizte Katalysatorsystem oder das Fahrzeug mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem repariert werden. Die Reparatur des elektrisch beheizten Katalysators könnte sehr kostspielig sein, sodass der Besitzer des elektrisch beheizten Katalysatorsystems oder des Fahrzeugs mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem an einer derartigen Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems interessiert sein könnte, dass die Borddiagnosefunktionalitäten nicht mehr in der Lage sind, den Defekt des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu detektieren oder anzugeben.

**[0003]** In einem weiteren Szenario wird ein Fahrzeug mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem hauptsächlich für sehr kurze Fahrzyklen verwendet. Wenn die Fahrzyklen sehr kurz sind, kann ein

Akkumulator aufgrund des Betriebs des elektrisch beheizten Katalysatorsystems nach und nach entladen werden. Dieser Effekt tritt auf, wenn in einem verbleibenden Fahrzyklus die Akkumulatorentladung aufgrund der elektrischen Katalysatorbeheizung größer als die Akkumulatorwiederaufladung ist. Schließlich enthält der Fahrzeugakkumulator nicht genügend Energie zum entwurfsgemäßen und zertifizierten Heizen des elektrisch beheizten Katalysatorsystems und/oder zum Starten der Brennkraftmaschine. Die Konsequenz ist, dass die Brennkraftmaschine nicht mehr startet, oder dass ein Brennkraftmaschinenstart zwar möglich ist, Abgasemissionen jedoch über einem zertifizierten Pegel bis zu gesetzeswidriger Emission liegen. Ist ein solches Szenario ein häufiges Problem für den Besitzer des Fahrzeugs mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem, so könnte dieser Besitzer auch an einer Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems interessiert sein, die somit die Gesamtwartungskosten für die Instandhaltung des Fahrzeugs reduzieren könnte.

**[0004]** Ein Ansatz zur Manipulation elektrisch beheizter Katalysatorsysteme besteht in der Manipulation ausgetauschter Daten zwischen der Kraftmaschinensteuereinheit des Fahrzeugs und der Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysators. Eine kleine elektronische Vorrichtung mit zwei unabhängigen CAN-Bussen kann beispielsweise installiert werden. Diese Vorrichtung könnte in die CAN-Kommunikation zwischen der Kraftmaschinensteuereinheit und der Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysators platziert werden und wirkt wie eine Brücke zwischen den CAN-Bussen. Die elektronische Vorrichtung kann sämtliche ausgetauschten Daten zwischen der Kraftmaschinensteuereinheit und der Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysators lesen und manipulieren. Sie könnte das Heizen der Heizscheibe verhindern, indem sie die Heizbefehle zurücksetzt, und/oder sie könnte eine Ausfalldetektion durch Manipulation der Messungen oder der Borddiagnosedaten verhindern.

**[0005]** Derartige Manipulationsvorrichtungen sind beispielsweise aus Systemen zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR-Systemen) bekannt, bei denen das AdBlue-Tankfüllstandsignal auf einen hohen Füllstandwert manipuliert wird, sodass der Fahrzeugbesitzer das Nachfüllen von AdBlue und die AdBlue-Kosten einsparen kann.

**[0006]** Elektrisch beheizte Katalysatorsysteme des Stands der Technik sind nicht gegen derartige Manipulationsangriffe gesichert. Die herkömmlichen Sicherheitsmaßnahmen zum Verhindern einer derartigen Manipulation bestehen in einer vertraulichen Handhabung von CAN-Nachrichtendefinitionen. Ein höherer Sicherheitsgrad könnte erreicht werden, indem der Datenaustausch mittels kryptografischer

Verfahren geschützt wird, wobei dies jedoch aufgrund eines speziellen Speichers für kryptografische Schlüssel die Hardwarekosten erhöht. Die Lösung mit der vertraulichen Handhabung der CAN-Nachrichtendefinition schützt nicht gegen einen Reverse-Engineering-Angriff, da beim Reverse-Engineering eine Offenlegung der CAN-Nachrichtenstruktur und des CAN-Nachrichtendateninhalts möglich ist, sodass eine Datenmanipulation durchführbar ist. Die Lösung mit dem Speicher für kryptografische Schlüssel erzeugt Hardwarekosten für die Handhabung und gesicherte Speicherung des kryptografischen Schlüssels.

**[0007]** Die Aufgabe der vorliegenden Offenbarung besteht somit darin, ein Verfahren und eine Steuervorrichtung zu erzeugen, mit denen sich eine Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems zuverlässig und leicht detektieren lässt.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, das die Merkmale des unabhängigen Anspruchs umfasst, und durch eine Steuervorrichtung, die zum Ausführen des Verfahrens nach dem unabhängigen Anspruch verwendet wird, gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens und der Steuervorrichtung werden in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

**[0009]** Es wird ein Verfahren zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems dargelegt. Das elektrisch beheizte Katalysatorsystem umfasst einen elektrisch beheizten Katalysator mit einer Heizscheibe, eine Leistungsversorgungseinheit, die elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe bereitstellt, und ein Bordnetz, das die elektrische Energie von der Leistungsversorgungseinheit zu dem elektrisch beheizten Katalysator überträgt. Das elektrisch beheizte Katalysatorsystem wird beispielsweise in einem Fahrzeug dazu verwendet, das Abgas einer Kraftmaschine des Fahrzeugs durch Erhöhen der Katalysatortemperatur eines Katalysators zu behandeln. Zur Erhöhung der Temperatur der Katalysatoren in dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem ist die Heizscheibe in dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem angeordnet. Die Heizscheibe stellt die gewünschte Heizenergie bereit, wenn der Heizscheibe die erforderliche elektrische Energie bereitgestellt wird. Nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine hat das elektrisch beheizte Katalysatorsystem nicht die erforderliche Temperatur zum Behandeln des Abgases der Brennkraftmaschine, um die gewünschte niedrige Emission zu erzielen. Daher muss die Heizscheibe den Katalysatorteil über eine Anspringtemperatur erhitzen, sodass der Katalysatorteil das Abgas behandeln kann und Emissionsvorgaben erreicht werden. Das Verfahren zum Detektieren der Fehlfunktion des

elektrisch beheizten Katalysatorsystems umfasst die folgenden Schritte:

- Betreiben des elektrisch beheizten Katalysatorsystems, wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem eine Aktivierung oder eine Deaktivierung der Heizscheibe des elektrisch beheizten Katalysators auslöst. Anders ausgedrückt befindet sich das elektrisch beheizte Katalysatorsystem im Betrieb, bei dem das elektrisch beheizte Katalysatorsystem die Heizscheibe des elektrisch beheizten Katalysators aktiviert oder deaktiviert. Eine Aktivierung der Heizscheibe ist so definiert, dass elektrische Energie an die Heizscheibe geliefert/dieser zugeführt wird, sodass die Heizscheibe beispielsweise unmittelbar nach einem Kaltstart der mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem ausgestatteten Kraftmaschine heizen kann. Die Deaktivierung der Heizscheibe ist so definiert, dass die Zufuhr elektrischer Energie zu der Heizscheibe gestoppt wird, sodass die Heizscheibe nicht mehr heizt. Dies kann beispielsweise nach einer vorgegebenen Zeitdauer nach einem Start der mit dem elektrisch beheizten Katalysatorsystem ausgestatteten Kraftmaschine notwendig sein, wenn beispielsweise in diesem Fall die Temperatur des beheizten Katalysators ausreichend hoch ist und er keine zusätzliche Wärme von der Heizscheibe benötigt. Die bereitgestellte Wärme von dem Abgas selbst kann ausreichen, um die Temperatur des elektrisch beheizten Katalysators innerhalb des gewünschten Bereichs zu halten. Das Auslösen der Aktivierung oder der Deaktivierung der Heizscheibe bedeutet, dass die Heizscheibe beispielsweise durch eine Steuereinheit dahingehend gesteuert wird, den Heizprozess zu starten oder den Heizprozess zu stoppen. Es bedeutet nicht, dass die Heizscheibe in diesem Moment heizt oder dass das Heizen derzeit gestoppt ist (zum Beispiel untergeordnete Heizsteuerung durch Pulsbreitenmodulation).

- Überwachen eines elektrischen Werts des Bordnetzes während der ausgelösten Aktivierung und/oder der ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe. Das Bordnetz überträgt die erforderliche elektrische Energie zum Heizen von der Leistungsversorgungseinheit zu der Heizscheibe. Herkömmliche Heizscheiben sind für eine elektrische Leistung im Bereich von 1 kW bis 4 kW oder sogar mehr ausgelegt. Die Aktivierung eines derartigen Hochleistungsenergieverbrauchers wirkt sich auf das elektrische System des Fahrzeugs, und insbesondere das Bordnetz selbst, aus. Diese Auswirkungen lassen sich in den elektrischen Werten des Bordnetzes überwachen und detektieren. Anders ausgedrückt wirkt sich eine Aktivierung und/oder eine Deaktivierung der Heizscheibe

des elektrisch beheizten Katalysatorsystems auf das Bordnetz aus, was sich in den elektrischen Werten des Bordnetzes selbst überwachen und messen lässt. Ist das elektrisch beheizte Katalysatorsystem beispielsweise in einem Fahrzeug installiert, so ist die Heizelektrode des elektrisch beheizten Katalysatorsystems einer der größten Verbraucher von elektrischer Energie. Daher verursacht eine solche Aktivierung oder Deaktivierung Auswirkungen auf das Fahrzeugbordnetz, die sich leicht überwachen lassen. Andere Ausdrücke für elektrische Werte sind beispielsweise elektrische Parameter oder elektrische Variablen, die das elektrische Verhalten des Bordnetzes beschreiben. Elektrische Werte des Bordnetzes sind beispielsweise eine Spannung des elektrischen Systems an der Leistungsversorgungseinheit, eine Spannung des elektrischen Systems an den Energieverbrauchervorrichtungen, ein Ausgangsstrom der Leistungsversorgungseinheit, ein Lade-/Entladestrom des Akkumulators, ein Ausgangsstrom einer Lichtmaschine, ein Eingangsstrom der Energieverbrauchervorrichtungen, eine Ausgangsleistung der Leistungsversorgungseinheit, eine Eingangsleistung der Energieverbrauchervorrichtung, eine gelieferte Energie der Leistungsversorgungseinheit, eine verbrauchte Energie der Energieverbrauchervorrichtungen.

- Analysieren des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems. Der überwachte elektrische Wert des Bordnetzes kann beispielsweise gespeichert und anschließend analysiert werden. Eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems liegt beispielsweise vor, wenn die Heizelektrode nicht mehr heizen kann oder wenn sich das Heizen nicht stoppen lässt. Das Detektieren einer Fehlfunktion kann die Erzeugung eines Fehlfunktionssignals beinhalten, das einen Eintrag in einen Ausfallspeicher einer Steuereinheit auslöst. Der überwachte elektrische Wert wird beispielsweise durch Analysieren eines Gradienten seiner Kurve analysiert. Stimmt der Gradient oder der Gradientenverlauf nicht mit einem erwarteten Gradienten oder einem erwarteten Gradientenverlauf überein, wird eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert. Ein anderes mögliches Verfahren zum Analysieren des überwachten elektrischen Werts besteht darin, den überwachten elektrischen Wert nach erwarteten Verlaufsentwicklungen (oder erreichten Werten) zu durchsuchen, die aufgrund der Aktivierung oder der Deaktivierung der Heizelektrode auftreten sollten.

**[0010]** Die elektrische Energie in einem elektrischen System (Bordnetz) muss ausgeglichen sein. Das bedeutet, dass die erzeugte elektrische Energie gleichzeitig einen Verbraucher benötigt. Bei Fehlen dieser Ausgeglichenheit ändert sich die Spannung des elektrischen Systems (Bordnetzspannung), bis die Ausgeglichenheit wieder erreicht ist. Ist die erzeugte elektrische Energie höher als der Verbrauch, nimmt die Spannung zu. Ist die Erzeugung elektrischer Energie geringer als der Verbrauch, nimmt die Spannung ab. Ein Akkumulator ist eine spezielle Komponente in einem solchen System, die elektrische Energie bereitstellen und verbrauchen kann. Daher wird er in dem elektrischen System als Puffer verwendet, wenn die Erzeugung und der Verbrauch elektrischer Energie unausgeglichen sind. Der Akkumulator stabilisiert also die Spannung des elektrischen Systems.

**[0011]** Die Heizelektrode ist aus der Sicht des Fahrzeugbordnetzes ein energieintensiver Verbraucher. Die Heizelektrode weist eine rein resistive Charakteristik auf, sodass eine Aktivierung der Heizelektrode die Ausgeglichenheit der Bordnetzenergie beeinflusst, was sich in den elektrischen Werten des Bordnetzes überwachen lässt. Die Störung der Ausgeglichenheit der Bordnetzenergie erfolgt aufgrund der rein resistiven Charakteristik der Heizelektrode sehr schnell nach jeder Aktivierung oder Deaktivierung (jedem Schaltereignis) der Heizelektrode. Dies liegt im Mikrosekundenbereich, wobei die Bordnetzenergiesteuerung und die Lichtmaschinenleistungssteuerung der Leistungsversorgungseinheit jedoch herkömmlicherweise erst im Millisekundenbereich reagieren. Daher muss die Leistungsversorgungseinheit die durch die Aktivierung oder Deaktivierung der Heizelektrode verursachte Störung puffern. Zeigt der überwachte elektrische Wert keine derartige Störung bei Aktivierung oder Deaktivierung der Heizelektrode, so wird eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert.

**[0012]** Die Störungen, die während des Betriebs des elektrisch beheizten Katalysatorsystems auftreten, lassen sich über die elektrischen Werte des Bordnetzes überwachen. Somit ist es möglich, eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems durch Beobachtung der elektrischen Werte des Bordnetzes und Analysieren des überwachten elektrischen Werts zu detektieren. Ist beispielsweise die Borddiagnose des elektrisch beheizten Katalysatorsystems beeinträchtigt oder manipuliert, so wäre es aus den oben genannten Gründen weiterhin möglich, eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu detektieren. Das beschriebene Verfahren erfordert keine zusätzlichen Hardwareteile oder kostspielige kryptografische Speicherkapazitäten zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems. Daher stellt das beschriebene Verfahren ein günstiges, jedoch

sehr zuverlässiges Verfahren zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems bereit.

**[0013]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Analysieren des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes Vergleichen des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes mit einem Referenzwert, wobei eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert wird, wenn der überwachte elektrische Wert um mehr als eine vordefinierte Schwelle von dem Referenzwert abweicht. Der überwachte elektrische Wert des Bordnetzes kann beispielsweise gespeichert und anschließend mit dem Referenzwert verglichen werden. Der Referenzwert kann beispielsweise während der Entwicklung des elektrisch beheizten Katalysatorsystems entwickelt werden und könnte eine Referenzvariable oder ein Referenzmodell, abhängig von verschiedenen Parametern, sein. Der Referenzwert definiert somit das erwartete Verhalten des elektrischen Werts des Bordnetzes bei Aktivierung der Heizeinheit oder bei Deaktivierung der Heizeinheit. Weicht der überwachte elektrische Wert um mehr als eine vorbestimmte Schwelle, die auch in der Steuereinheit gespeichert sein könnte, von dem Referenzwert ab, so wird eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert. Die vorbestimmte Schwelle beträgt gemäß einer Ausführungsform 15 %, 10 % oder 5 % des Referenzwerts. Die oben genannten Störungen in dem Bordnetz aufgrund der Aktivierung oder Deaktivierung der Heizeinheit sind vorhersagbar und können in den Referenzwerten gespeichert sein. Ferner lassen sich die Störungen, die während des Betriebs des elektrisch beheizten Katalysatorsystems auftreten, über die elektrischen Werte des Bordnetzes überwachen. Somit ist es möglich, eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems durch eine Überwachung der elektrischen Werte des Bordnetzes und Vergleichen des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes mit dem Referenzwert zu detektieren.

**[0014]** Gemäß einer Ausführungsform ist der elektrische Wert des Bordnetzes eine Spannungskurve des Bordnetzes, eine Stromkurve des Bordnetzes, eine Leistungskurve des Bordnetzes oder eine Energiekurve des Bordnetzes. Die Spannungskurve des Bordnetzes oder die anderen elektrischen Werte können beispielsweise in einem bestimmten Bereich des Bordnetzes gemessen und überwacht werden und können somit zum Vergleich mit dem Referenzwert verwendet werden. Diese elektrischen Werte des Bordnetzes werden unmittelbar beeinflusst, wenn die Heizeinheit aktiviert und/oder deaktiviert wird. Die Spannungskurve des Bordnetzes oder die anderen elektrischen Werte sind somit eine sehr verlässliche Kenngröße des Bordnetzes, die zum Vergleich mit dem Referenzwert verwendet werden

kann, um zu detektieren, ob das elektrisch beheizte Katalysatorsystem wie gewünscht funktioniert oder eine Fehlfunktion aufweist. Gemäß einer anderen Ausführungsform werden zwei oder mehr der oben genannten elektrischen Werte des Bordnetzes in Kombination zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrischen Katalysatorsystems verwendet.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst das elektrisch beheizte Katalysatorsystem ein Borddiagnosesystem, das Ausfälle des elektrisch beheizten Katalysators beobachtet. Das Borddiagnosesystem ist beispielsweise in einer Steuereinheit des elektrisch beheizten Katalysatorsystems implementiert. Dieses Borddiagnosesystem ist oftmals ein Ziel für eine derartige Manipulation, dass das Borddiagnosesystem einen detektierten Ausfall nicht an eine Kraftmaschinensteuereinheit oder an eine andere weitere Steuereinheit sendet. Das Borddiagnosesystem ist daher zusätzlich ausgelegt zum Detektieren einer Fehlfunktion der Heizeinheit, die zu einem Mangel an Beheizung des elektrisch beheizten Katalysators führen kann. Gemäß dieser Ausführungsform wird eine detektierte Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems, die mittels des oben beschriebenen Verfahrens detektiert wird, als ein Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems klassifiziert, wenn das Borddiagnosesystem des elektrisch beheizten Katalysatorsystems einen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert. In diesem Fall detektiert das Borddiagnosesystem einen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems und das oben beschriebene Verfahren verwendet den elektrischen Wert des Bordnetzes, um einen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu detektieren. In diesem Fall liegt keine Beeinträchtigung bzw. keine Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems vor, sodass ein normaler Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert wird, der anschließend einem Benutzer des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (Fahrer des Fahrzeugs) gezeigt werden kann, sodass das elektrisch beheizte Katalysatorsystem repariert werden kann. Gemäß dieser Ausführungsform wird die unter Verwendung des elektrischen Werts des Bordnetzes des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektierte Fehlfunktion als Manipulation oder Beeinträchtigung des elektrisch beheizten Katalysatorsystems klassifiziert, wenn das Borddiagnosesystem des elektrisch beheizten Katalysatorsystems keinen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems detektiert. In diesem Fall detektiert nur das oben beschriebene Verfahren unter Verwendung eines elektrischen Werts des Bordnetzes eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems. Das Borddiagnosesystem detektiert keinen Ausfall, was dann so interpretiert wird, dass das Borddiagnosesystem oder andere Teile des elektrisch beheizten Katalysatorsystems manipuliert oder beeinträchtigt sind,

sodass das Borddiagnosesystem den Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems nicht detektiert. In diesem Fall ist es nicht nur möglich, neben der Manipulation eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu detektieren, sondern es ist auch möglich, die detektierte Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems als eine Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu klassifizieren, was zu der Möglichkeit führt, dass die detektierte Fehlfunktion trotzdem einem Benutzer des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (zum Beispiel dem Fahrer des Fahrzeugs) gezeigt werden kann und/oder dass ein Eintrag in dem Ausfallspeicher, beispielsweise der Kraftmaschinensteuereinheit, erfolgen kann.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Leistungsversorgungseinheit des elektrisch beheizten Katalysatorsystems eine Lichtmaschine, die dazu ausgelegt ist, zumindest teilweise die elektrische Energie zum Aktivieren der Heizscheibe bereitzustellen, und/oder das elektrisch beheizte System umfasst einen Akkumulator, der dazu ausgelegt ist, zumindest teilweise die elektrische Energie zum Aktivieren der Heizscheibe bereitzustellen, wobei der elektrische Wert des Bordnetzes ein Ausgangsstrom der Lichtmaschine und/oder ein Lade-/Entladestrom des Akkumulators ist. Die Aktivierung der Heizscheibe erfordert eine sehr hohe elektrische Energie, die gemäß dieser Ausführungsform durch die Lichtmaschine und/oder den Akkumulator bereitgestellt wird. Die Aktivierung der Heizscheibe, das Schalten der Heizscheibe von aus zu ein, erzeugt somit eine unmittelbare Auswirkung auf den Ausgangsstrom der Lichtmaschine und/oder den Entladestrom des Akkumulators. Der Ausgangsstrom der Lichtmaschine und der Entladestrom des Akkumulators sind somit ausgezeichnete elektrische Werte des Bordnetzes, die sich zum Detektieren der Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems verwenden lassen. Die Deaktivierung der Heizscheibe, das Schalten der Heizscheibe von ein zu aus, erzeugt eine Störung in dem Bordnetz und insbesondere in dem Ausgangsstrom der Lichtmaschine und in dem Ladestrom des Akkumulators, da die erzeugte elektrische Energie der Lichtmaschine nicht mehr durch die Heizscheibe verbraucht wird und daher in dem Akkumulator gespeichert werden muss. Auch in diesem Fall sind der Ausgangsstrom der Lichtmaschine und der Entladestrom oder der Ladestrom des Akkumulators ausgezeichnete elektrische Werte zum Detektieren der Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems. Somit ist es möglich, eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems äußerst zuverlässig und sicher zu detektieren, wenn es sich bei dem elektrischen Wert des Bordnetzes um den Ausgangsstrom der Lichtmaschine und/oder den Lade-/Entladestrom des Akkumulators handelt.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform werden darüber hinaus die Lichtmaschinensteuerbefehle überwacht und zur Detektion einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems verwendet. Die Lichtmaschinensteuerbefehle werden beispielsweise durch eine Lichtmaschinensteuereinheit oder durch eine Kraftmaschinensteuereinheit bereitgestellt und werden zum Steuern der Lichtmaschine, insbesondere der Aktivierung oder der Deaktivierung der Lichtmaschine und der Ausgabe der erzeugten elektrischen Energie der Lichtmaschine verwendet. Eine Aktivierung der Heizscheibe lässt sich beispielsweise zu Beginn mittels elektrischer Energie aus dem Akkumulator kompensieren. Nach einer bestimmten Zeitdauer kann es jedoch erforderlich sein, dass die Lichtmaschine aktiviert wird, um die erforderliche elektrische Energie für die Heizscheibe zu erzeugen, die nicht mehr allein durch den Akkumulator bereitgestellt werden kann. Ist selbst nach einer langen Zeitdauer, während der die Heizscheibe aktiviert ist, keine Aktivierung der Lichtmaschine erforderlich, so kann davon ausgegangen werden, dass die Heizscheibe nicht die normale elektrische Energie verbraucht. Somit ist es mittels Überwachen der Lichtmaschinensteuerbefehle hinsichtlich der Aktivierung und/oder Deaktivierung der Heizscheibe möglich, die Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu detektieren und/oder die Genauigkeit der Detektion von Fehlfunktionen des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu verbessern.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform wird ein Gradient oder eine Gradientenvariation des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes für den Vergleich mit dem entsprechenden Referenzwert verwendet. Gemäß dieser Ausführungsform wird der überwachte elektrische Wert analysiert, indem ein Gradient oder eine Gradientenvariation des überwachten elektrischen Werts definiert wird. Ist der überwachte elektrische Wert beispielsweise die Spannungskurve des Bordnetzes, die Ausgangsstromkurve der Lichtmaschine und/oder die Lade-/Entladestromkurve des Akkumulators, so ist es möglich, die entsprechenden Gradienten oder die entsprechenden Gradientenvariationen über die Zeit oder zu bestimmten Zeitpunkten zu erstellen. Diese Gradienten oder die Gradientenvariationen können dann mit den entsprechenden Referenzwerten verglichen werden, die in diesem Fall ebenfalls Gradienten und/oder Gradientenvariationen sind. Gemäß dieser Ausführungsform lässt sich der überwachte elektrische Wert besonders leicht und schnell mit dem entsprechenden Referenzwert vergleichen, wodurch eine schnelle und genaue Detektion einer Fehlfunktion des elektrischen Katalysatorsystems gestattet wird.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform wird das oben beschriebene Verfahren bei jeder ausgelösten

Aktivierung und/oder jeder ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe des elektrisch beheizten Katalysatorsystems ausgeführt. Gemäß dieser Ausführungsform wird das Verfahren während der gesamten Lebensdauer des elektrisch beheizten Katalysatorsystems bei jeder ausgelösten Aktivierung oder bei jeder ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe ausgeführt. Es ist vorstellbar, dass die Fehlfunktion über die Lebensdauer wahrscheinlich zunimmt. Daher ist es vorteilhaft, dass das Verfahren bei jeder ausgelösten Aktivierung und/oder jeder ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe ausgeführt wird. In diesem Fall ist es möglich, eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems unmittelbar zu detektieren und die detektierte Fehlfunktion abhängig von der Analyse des Borddiagnosesystems unmittelbar zu klassifizieren. Daher ist es möglich, mögliche Emissionen aufgrund einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems zu reduzieren.

**[0020]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird eine Steuervorrichtung zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems dargelegt. Die Steuervorrichtung umfasst eine Steuereinheit, die ausgelegt ist zum Ausführen eines der oben beschriebenen Verfahren zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems, wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem einen elektrisch beheizten Katalysator mit einer Heizscheibe, eine Leistungsversorgungseinheit, die die elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe bereitstellt, und ein Bordnetz, das die elektrische Energie von der Leistungsversorgungseinheit zu dem elektrisch beheizten Katalysator überträgt, umfasst. Die Steuereinheit ist beispielsweise die Steuereinheit, die insbesondere zum Steuern des elektrisch beheizten Katalysatorsystems ausgelegt ist. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist es auch vorstellbar, dass die Steuereinheit Teil einer anderen Steuereinheit ist, die andere Teile eines Fahrzeugs, in dem das elektrisch beheizte Katalysatorsystem angeordnet ist, steuert.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform ist das elektrisch beheizte Katalysatorsystem in einem Fahrzeug angeordnet und wird zum Behandeln von Abgas einer Kraftmaschine des Fahrzeugs verwendet, wobei die Steuereinheit, die zum Ausführen eines der oben beschriebenen Verfahren ausgelegt ist, eine Kraftmaschinensteuereinheit, eine Fahrzeugenergieverwaltungseinheit, eine Akkumulatorsteuereinheit oder eine Lichtmaschinensteuereinheit ist. Gemäß dieser Ausführungsform handelt es sich bei der Steuereinheit, die zum Ausführen des Verfahrens zum Detektieren einer Manipulation oder einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems ausgelegt ist, nicht um die Steuereinheit, die zum Steuern des elektrisch beheizten Katalysators

selbst verwendet wird. Die Hauptaufgabe der Kraftmaschinensteuereinheit besteht darin, die Kraftmaschine des Fahrzeugs zu steuern. Die Hauptaufgabe der Fahrzeugenergieverwaltungseinheit besteht darin, die Fahrzeugenergieverwaltung zu steuern, und die Hauptaufgabe der Akkumulatorsteuereinheit besteht darin, den Akkumulator zu steuern, und die Hauptaufgabe der Lichtmaschinensteuereinheit besteht darin, die Lichtmaschine zu steuern. Es ist vorstellbar, dass die Kraftmaschinensteuereinheit auch zum Steuern der Fahrzeugenergieverwaltung, des Akkumulators und/oder der Lichtmaschine verwendet wird. Wird die Steuereinheit, die zum Ausführen des Verfahrens zum Detektieren einer Fehlfunktion und/oder einer Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems ausgelegt ist, auf einer der oben beschriebenen Steuereinheiten ausgeführt, so ist es noch schwieriger, das elektrisch beheizte Katalysatorsystem zu manipulieren und/oder zu beeinträchtigen, sodass sich eine Manipulation vorteilhafterweise leicht detektieren lässt.

**[0022]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Fahrzeug mit einer Steuervorrichtung dargelegt, die zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems verwendet wird, wobei die Steuereinheit zum Ausführen eines der oben genannten Verfahren ausgelegt ist.

**[0023]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung gehen aus der detaillierten Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen in Verbindung mit den Figuren hervor.

**[0024]** In den Figuren zeigen:

**Fig. 1** schematisch ein elektrisch beheiztes Katalysatorsystem gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

**Fig. 2** ein Ersatzschaltbild eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

**Fig. 3** ein erstes Diagramm einer Spannungs-kurve als Funktion der Zeit während eines Einschaltereignisses eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems,

**Fig. 4** ein zweites Diagramm einer Spannungs-kurve als Funktion der Zeit während eines Ausschaltereignisses eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems,

**Fig. 5** ein drittes Diagramm, das verschiedene Eigenschaften des elektrisch beheizten Katalysatorsystems während dessen Betriebs zeigt.

**[0025]** **Fig. 1** zeigt schematisch ein elektrisch beheiztes Katalysatorsystem 100. Das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 umfasst einen elektrisch beheizten Katalysator 110 (EHC - Electric Hea-

ted Catalyst), eine Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators, eine Kraftmaschinensteuereinheit 130, eine Leistungsversorgungseinheit 140 und ein Bordnetz 150. Der elektrisch beheizte Katalysator 110 umfasst eine Heizscheibe 160, die zum Erzeugen von Wärme in dem elektrisch beheizten Katalysator 110 verwendet wird. Das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 unterstützt die Nachbehandlung von Abgas einer Brennkraftmaschine. Die Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators ist zum Steuern des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 ausgelegt. Die Kraftmaschinensteuereinheit 130 ist zum Steuern der Kraftmaschine und ferner zum Senden und Empfangen von Daten an die und von der Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators ausgelegt, um das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 zu steuern und insbesondere um den elektrisch beheizten Katalysator 110 mit dessen Heizscheibe 160 zu steuern. Die Leistungsversorgungseinheit 140 umfasst beispielsweise eine Lichtmaschine und/oder einen Akkumulator, die bzw. der Energie an den elektrisch beheizten Katalysator 110 und insbesondere an die Heizscheibe 160 liefert, um in dem elektrisch beheizten Katalysator 110 Wärme zu erzeugen. Das Bordnetz 150 ist zum Übertragen der erforderlichen Energie von der Leistungsversorgungseinheit zu der Heizscheibe 160 eingerichtet. Das Bordnetz 150 kann ferner Kommunikations- und Steuerleitungen in dem gesamten elektrisch beheizten Katalysatorsystem 100, beispielsweise von den Steuereinheiten 120, 130 zu der Leistungsversorgungseinheit 140 und/oder zu dem elektrisch beheizten Katalysator 110, umfassen. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Kommunikation zwischen der Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators und der Kraftmaschinensteuereinheit 130 durch ein CAN-Bus-System verarbeitet.

**[0026]** Eine Aktivierung der Heizscheibe 160 erfordert, dass elektrische Energie von der Leistungsversorgungseinheit 140 über das Bordnetz 150 an die Heizscheibe 160 geliefert wird. Eine Deaktivierung der Heizscheibe 160 erfordert, dass keine elektrische Energie mehr an die Heizscheibe 160 geliefert wird, was sich auf die Energieausgeglichenheit des Bordnetzes 150 auswirkt. Eine Fehlfunktion der Heizscheibe 160, des elektrisch beheizten Katalysators 110 oder des gesamten elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 wird beispielsweise mittels eines Borddiagnosesystems diagnostiziert, das beispielsweise in der Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators implementiert ist. Im Fall einer Manipulation oder Beeinträchtigung des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 wird eine Fehlfunktion oder ein Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 nicht von der Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators zu der Kraftmaschinensteuereinheit 130 übertragen, was dann möglicherweise nicht zu einem Eintrag in dem

Ausfallspeicher der Kraftmaschinensteuereinheit 130 führt. Daher ist es notwendig, ein Verfahren zu erstellen, mit dem sich eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 selbst dann detektieren lässt, wenn das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 selbst manipuliert oder beeinträchtigt ist. Um dies zu erreichen, wird das Bordnetz 150 selbst überwacht. Wie oben erläutert, wird das Bordnetz 150 während einer Aktivierung oder Deaktivierung der Heizscheibe 160 aufgrund des hohen Energieverbrauchs der Heizscheibe 160 zum Erzeugen von Wärme in dem elektrisch beheizten Katalysator 110 beeinflusst. Das Verfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung überwacht einen elektrischen Wert des Bordnetzes 150, wie beispielsweise die Spannungskurve des Bordnetzes 150, während einer ausgelösten Aktivierung oder einer ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe 160. Weicht der überwachte elektrische Wert um mehr als eine vorbestimmte Schwelle von einem Referenzwert ab, so wird eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 detektiert. Der Referenzwert ist beispielsweise in der Kraftmaschinensteuereinheit 130 gespeichert. Daher kann die Detektion einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 außerhalb der Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators ausgeführt werden, sodass sich eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 selbst dann detektieren lässt, wenn die Steuereinheit 120 des elektrisch beheizten Katalysators manipuliert ist. Der Schwellenwert ist beispielsweise ebenfalls in der Kraftmaschinensteuereinheit 130 gespeichert.

**[0027]** Fig. 2 zeigt ein Ersatzschaltbild 200 eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems 100 gemäß einer zweiten Ausführungsform. Das Ersatzschaltbild 200 umfasst eine Lichtmaschine 210, einen Akkumulator 220, eine Steuereinheit 230/120 des elektrisch beheizten Katalysators, einen elektrisch beheizten Katalysator 240, eine Kraftmaschine 250, einen DC/DC-Wandler 260 und weitere Verbraucher 270. Die Lichtmaschine 210 und der Akkumulator 220 bilden die Leistungsversorgungseinheit zum Bereitstellen elektrischer Energie für den elektrisch beheizten Katalysator 240. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist es auch vorstellbar, dass zusätzliche Quellen elektrischer Energie wie ein 400-Volt- oder ein 800-Volt-Akkumulator als Teil der Leistungsversorgungseinheit bereitgestellt werden. Darüber hinaus stellen der Akkumulator 220 und die Lichtmaschine 210 elektrische Energie für die Kraftmaschine 250, für den DC/DC-Wandler 260 und/oder für zusätzliche Verbraucher 270 bereit. Der DC/DC-Wandler 260 wird beispielsweise zum Reduzieren der Spannung auf 12 Volt für die zusätzlichen Verbraucher 270 oder zum Übertragen von Energie aus dem 12-Volt-System zu dem 48-Volt-System verwendet. Die Steuereinheit 230 des elektrisch beheizten Katalysators ist zum Aktivieren oder Deaktivieren

des elektrisch beheizten Katalysators 240 und insbesondere zum Aktivieren und/oder Deaktivieren der Heizscheibe des elektrisch beheizten Katalysators 240 ausgelegt.

**[0028] Fig. 3** zeigt ein erstes Diagramm 300. Das erste Diagramm 300 zeigt die Zeit 320 auf seiner x-Achse und die Spannung 310 auf seiner y-Achse an. Das erste Diagramm 300 zeigt eine erste Spannungskurve an einer Spannungsquelle 330 und eine erste Spannungskurve an einer Spannungssenke 340. Bei der Spannungsquelle handelt es sich um die Leistungsversorgungseinheit. Die erste Spannungskurve an der Spannungsquelle 330 wird daher nahe der Leistungsversorgungseinheit, nahe der Lichtmaschine 210 und dem Akkumulator 220, die in dem Ersatzschaltbild 200 gezeigt werden, gemessen. Bei den Spannungssenken handelt es sich um elektrische Verbraucher der durch die Leistungsversorgungseinheit bereitgestellten elektrischen Energie. Eine große Spannungssenke ist die Heizscheibe des elektrisch beheizten Katalysatorsystems. Die erste Spannungskurve an den Spannungssenken 340 zeigt daher die Spannungskurve nahe den Verbrauchern, nahe dem elektrisch beheizten Katalysator in dem Ersatzschaltbild. Das erste Diagramm 300 zeigt die erste Spannungskurve an der Spannungsquelle 330 und die erste Spannungskurve an den Spannungssenken 340 während eines Aktivierungsereignisses der Heizscheibe 160. In **Fig. 3** wird deutlich gezeigt, dass die erste Spannungskurve an den Spannungssenken 340 unmittelbar nach dem Einschaltereignis der Heizscheibe abfällt. Dieser Abfall ist das Ergebnis des hohen Energieverbrauchs der Heizscheibe 160, des internen Widerstands der Leistungsversorgungseinheit 140 und des internen Widerstands des Bordnetzes 150 und der parasitären Induktivität des Bordnetzes 150. Nach diesem Unterschwingen der ersten Spannungskurve an den Spannungssenken 340 reagiert die Leistungsversorgungseinheit 140 und stellt die notwendige elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe 160 nach Bedarf bereit. Mit der Zeit nähern sich sowohl die erste Spannungskurve der Spannungsquelle 330 als auch die erste Spannungskurve an den Spannungssenken 340 einander an, bis beide ein Gleichgewicht erreichen. Diese Spannungskurven sind spezifisch und treten bei jeder Aktivierung der Heizscheibe auf. Das Unterschwingen an den Spannungssenken 340 tritt hauptsächlich aufgrund interner Widerstände von Komponenten, parasitärer Induktivitäten und hoher Stromgradienten beim Aktivieren der Heizscheibe 160 auf. Weicht eine überwachte Spannungskurve des Bordnetzes bei Auslösen einer Aktivierung der Heizscheibe grundlegend von einer solchen Form ab, so weist das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 eine Fehlfunktion auf.

**[0029] Fig. 4** zeigt ein zweites Diagramm 400. Die x-Achse des zweiten Diagramms 400 ist die Zeit 420 und die y-Achse des zweiten Diagramms 400 ist die Spannung 410. Das zweite Diagramm 400 zeigt eine zweite Spannungskurve an der Spannungsquelle 430 und eine zweite Spannungskurve an den Spannungssenken 440. Im Gegensatz zu dem ersten Diagramm 300 zeigt das zweite Diagramm 400 die zweiten Spannungskurven 430, 440 während einer Deaktivierung, einem Ausschaltereignis, der Heizscheibe. Unmittelbar nach dem Ausschaltereignis der Heizscheibe tritt ein Überschwingen der zweiten Spannung an den Spannungssenken 440 aufgrund der zusätzlichen elektrischen Energie in dem Bordnetz, die nicht durch die Heizscheibe verbraucht wird, auf. Danach können die Spannungsquelle und die Leistungsversorgungseinheit reagieren und die bereitgestellte elektrische Energie aufgrund der Reaktion der Leistungsversorgungseinheit reduzieren, die zweite Spannungskurve an der Spannungsquelle 430 und die zweite Spannungskurve an den Spannungssenken 440 nähern sich einander, bis beide ein Gleichgewicht erreichen. Der Akkumulator wirkt während eines solchen Ausschaltereignisses als Puffer. Auch hier erzeugt jedes Ausschaltereignis, jede Deaktivierung der Heizscheibe, solche Spannungskurven in dem Bordnetz. Weicht der überwachte elektrische Wert des Bordnetzes während einer Deaktivierung der Heizscheibe, während eines Ausschaltereignisses der Heizscheibe, von den gezeigten Spannungskurven des zweiten Diagramms ab, so weist das elektrisch beheizte Katalysatorsystem 100 eine Fehlfunktion auf, die detektiert werden kann.

**[0030] Fig. 5** zeigt ein drittes Diagramm 500. Das dritte Diagramm 500 umfasst vier Teildiagramme. Jedes der vier Teildiagramme zeigt die Zeit auf seiner x-Achse und verschiedene Parameter auf seiner y-Achse. Das erste Teildiagramm zeigt die Schaltkurve des elektrisch beheizten Katalysators von ein zu aus und von aus zu ein. Das zweite Teildiagramm, das sich unterhalb des ersten Teildiagramms befindet, zeigt eine Spannungskurve an dem elektrisch beheizten Katalysator 520. Das dritte Teildiagramm, das sich unterhalb des zweiten Teildiagramms befindet, zeigt die Spannungskurve an den Spannungsquellen 530 an der Leistungsversorgungseinheit. Das vierte Teildiagramm zeigt die Lichtmaschinenleistung 540 als Funktion der Zeit. Das vierte Teildiagramm zeigt eine erste Lichtmaschinenleistung, die dem EHC-Schalten 580 folgt, und eine zweite konstante Lichtmaschinenleistung während der EHC-Beheizung 590. Sämtliche Teildiagramme zeigen einen ersten PWM-Zyklus 560 und einen letzten PWM-Zyklus 570. Jeder PWM-Zyklus 560, 570 beginnt bei einem Schaltereignis der Heizscheibe von aus zu ein und endet bei einem anderen Schaltereignis der Heizscheibe von aus zu ein. In jedem PWM-Teilzyklus 560, 570 gibt es eine Deaktivierung

der Heizscheibe. **Fig. 5** zeigt, dass die verschiedenen Spannungskurven 520 und 530 den in **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigten Spannungskurven entsprechen, die der Deaktivierung oder Aktivierung der Heizscheibe entsprechen. **Fig. 5** zeigt ferner, dass die Spannungskurven 520, 530 von der Lichtmaschinenleistungsausgabe abhängig sind. Die Spannungskurven 520, 530 sind je nachdem, wie die Lichtmaschine gesteuert wird, leicht unterschiedlich. Die heller dargestellten Spannungskurven des zweiten und des dritten Teildiagramms entsprechen der Lichtmaschinensteuerung, die dem EHC-Schalten 580 folgt. Die dunkler dargestellten Spannungskurven des zweiten und des dritten Teildiagramms entsprechen der konstanten Lichtmaschinensteuerung 590.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100), wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) einen elektrisch beheizten Katalysator (110) mit einer Heizscheibe (160), eine Leistungsversorgungseinheit (140), die elektrische Energie zum Heizen der Heizscheibe (160) bereitstellt, und ein Bordnetz (150), das die elektrische Energie von der Leistungsversorgungseinheit (140) zu dem elektrisch beheizten Katalysator (110) überträgt, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Betreiben des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100), wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) eine Aktivierung oder eine Deaktivierung der Heizscheibe (160) des elektrisch beheizten Katalysators (110) auslöst;
- Überwachen eines elektrischen Werts des Bordnetzes (150) während der ausgelösten Aktivierung und/oder der ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe (160);
- Analysieren des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes (150) zum Detektieren einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Analysieren des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes (150) Vergleichen des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes (150) mit einem Referenzwert umfasst, wobei eine Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) detektiert wird, wenn der überwachte elektrische Wert um mehr als eine vorbestimmte Schwelle von dem Referenzwert abweicht.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektrische Wert des Bordnetzes (150) eine Spannungskurve des Bordnetzes (150), eine Stromkurve des Bordnetzes (150), eine

Leistungskurve des Bordnetzes (150) oder eine Energiekurve des Bordnetzes (150) ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) ein Borddiagnosesystem umfasst, das Ausfälle des elektrisch beheizten Katalysators (110) beobachtet,

wobei die detektierte Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) als ein Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) klassifiziert wird, wenn das Borddiagnosesystem des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) einen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) detektiert, oder wobei die detektierte Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) als eine Manipulation des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) klassifiziert wird, wenn das Borddiagnosesystem des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) keinen Ausfall des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) detektiert.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leistungsversorgungseinheit (140) des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) eine Lichtmaschine (210), die dazu ausgelegt ist, zumindest teilweise die elektrische Energie zum Aktivieren der Heizscheibe (160) bereitzustellen, und/oder einen Akkumulator (220), der dazu ausgelegt ist, zumindest teilweise die elektrische Energie zum Aktivieren der Heizscheibe (160) bereitzustellen, umfasst, wobei der elektrische Wert des Bordnetzes (150) ein Ausgangsstrom der Lichtmaschine (210) und/oder ein Lade-/Entladestrom des Akkumulators ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Steuerbefehle der Lichtmaschine (210) überwacht und zur Detektion einer Fehlfunktion des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Gradient oder eine Gradientenvariation des überwachten elektrischen Werts des Bordnetzes (150) für den Vergleich mit dem entsprechenden Referenzwert verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren bei jeder ausgelösten Aktivierung und/oder jeder ausgelösten Deaktivierung der Heizscheibe (160) des elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100) ausgeführt wird.

9. Steuervorrichtung zum Detektieren einer Fehlfunktion eines elektrisch beheizten Katalysatorsystems (100), wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) einen elektrisch beheizten Katalysator (110) mit einer Heizscheibe (160), eine

Leistungsversorgungseinheit (140), die die elektrische Energie zum Heizen der Heizerplatte (160) bereitstellt, und ein Bordnetz (150), das die Leistung von der Leistungsversorgungseinheit (140) zu dem elektrisch beheizten Katalysator (110) überträgt, umfasst, wobei die Steuervorrichtung eine Steuereinheit umfasst, die zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgelegt ist.

10. Steuervorrichtung nach Anspruch 9, wobei das elektrisch beheizte Katalysatorsystem (100) in einem Fahrzeug angeordnet ist und zum Behandeln von Abgas einer Kraftmaschine des Fahrzeugs verwendet wird, wobei die Steuereinheit, die zum Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgelegt ist, eine Kraftmaschinensteuereinheit, eine Fahrzeugenergieverwaltungseinheit, eine Akkumulatorsteuereinheit oder eine Lichtmaschinensteuereinheit ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

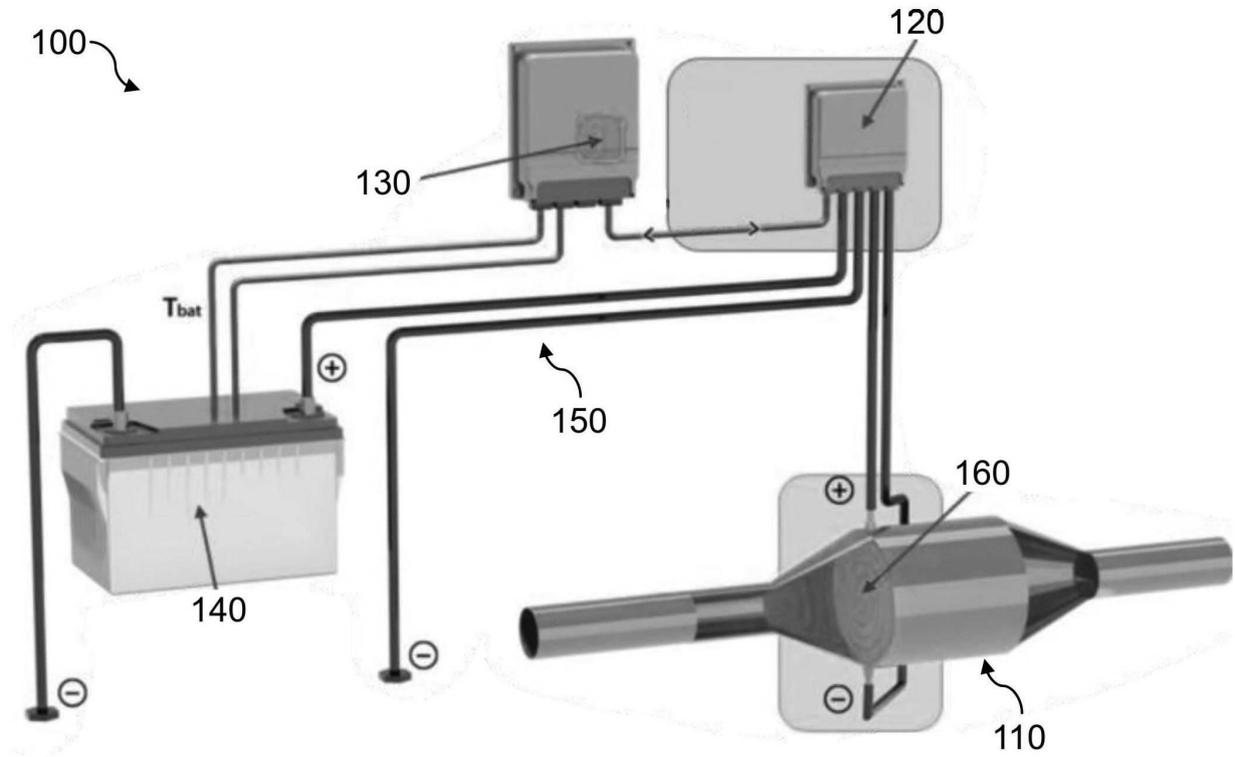


Fig. 1

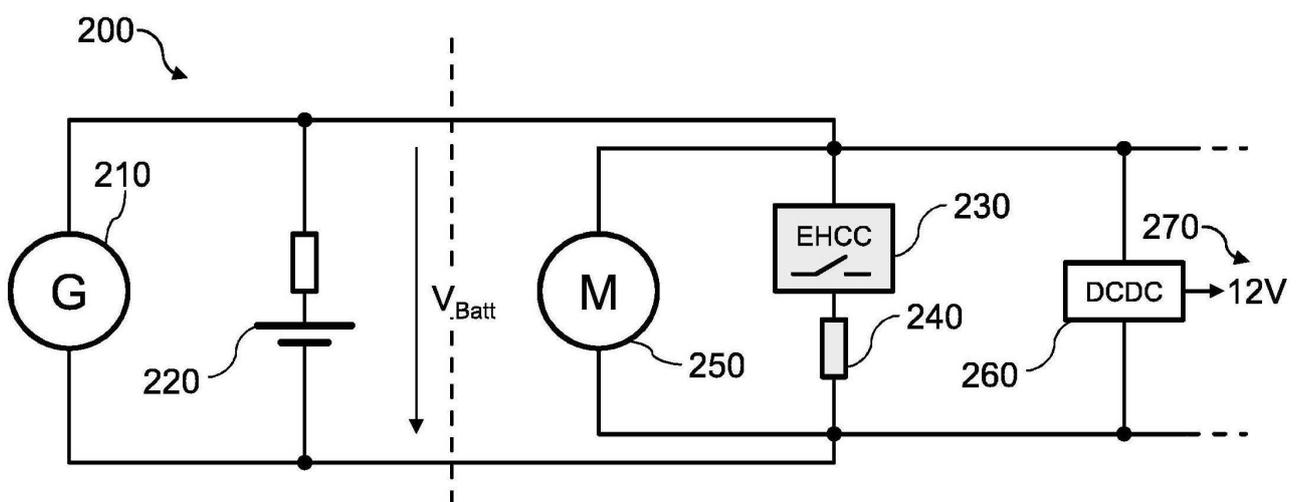


Fig. 2

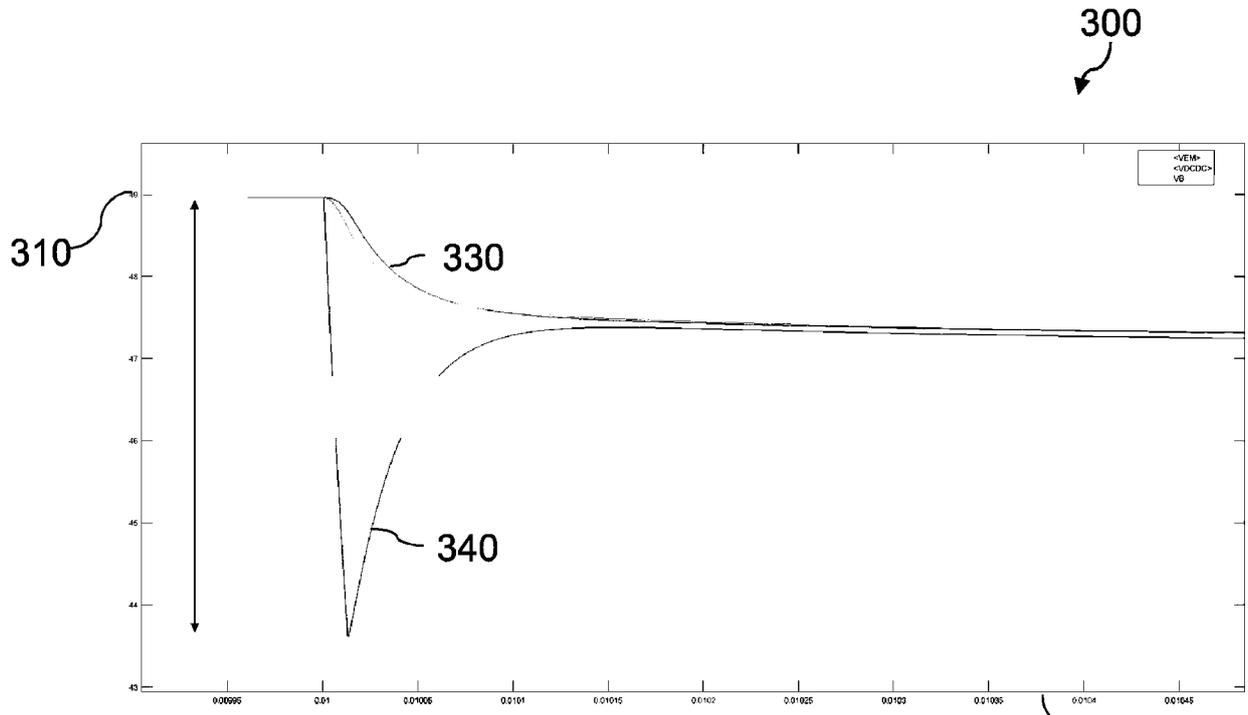


Fig. 3

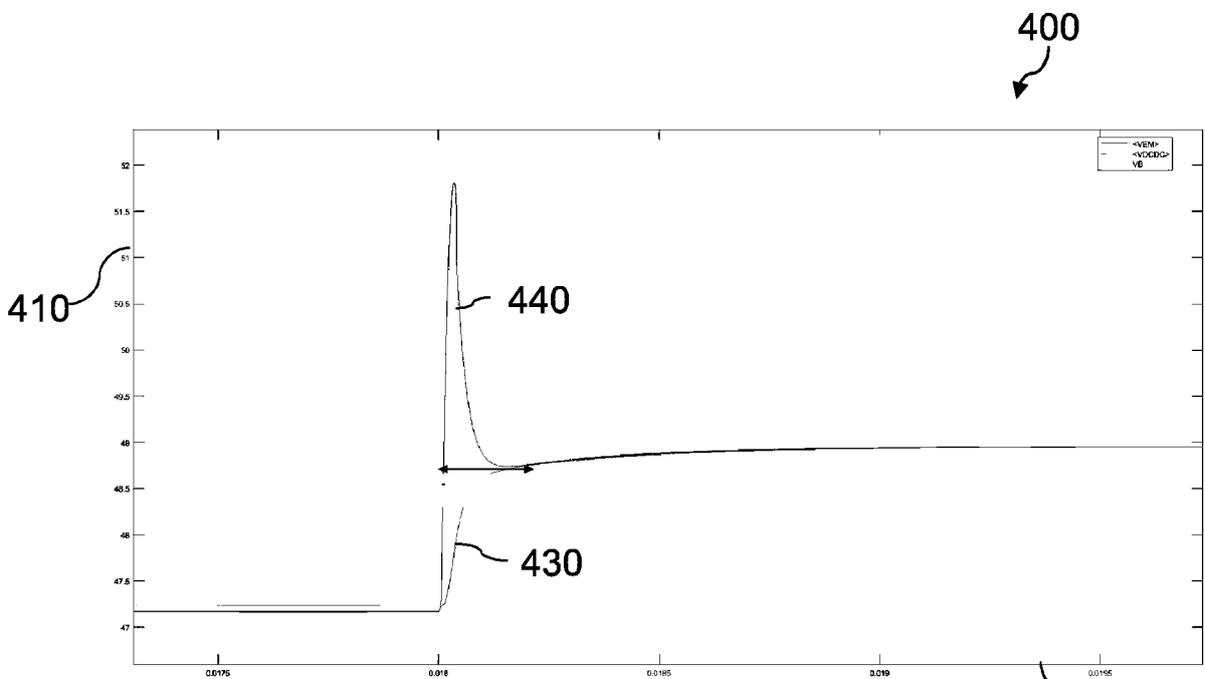


Fig. 4

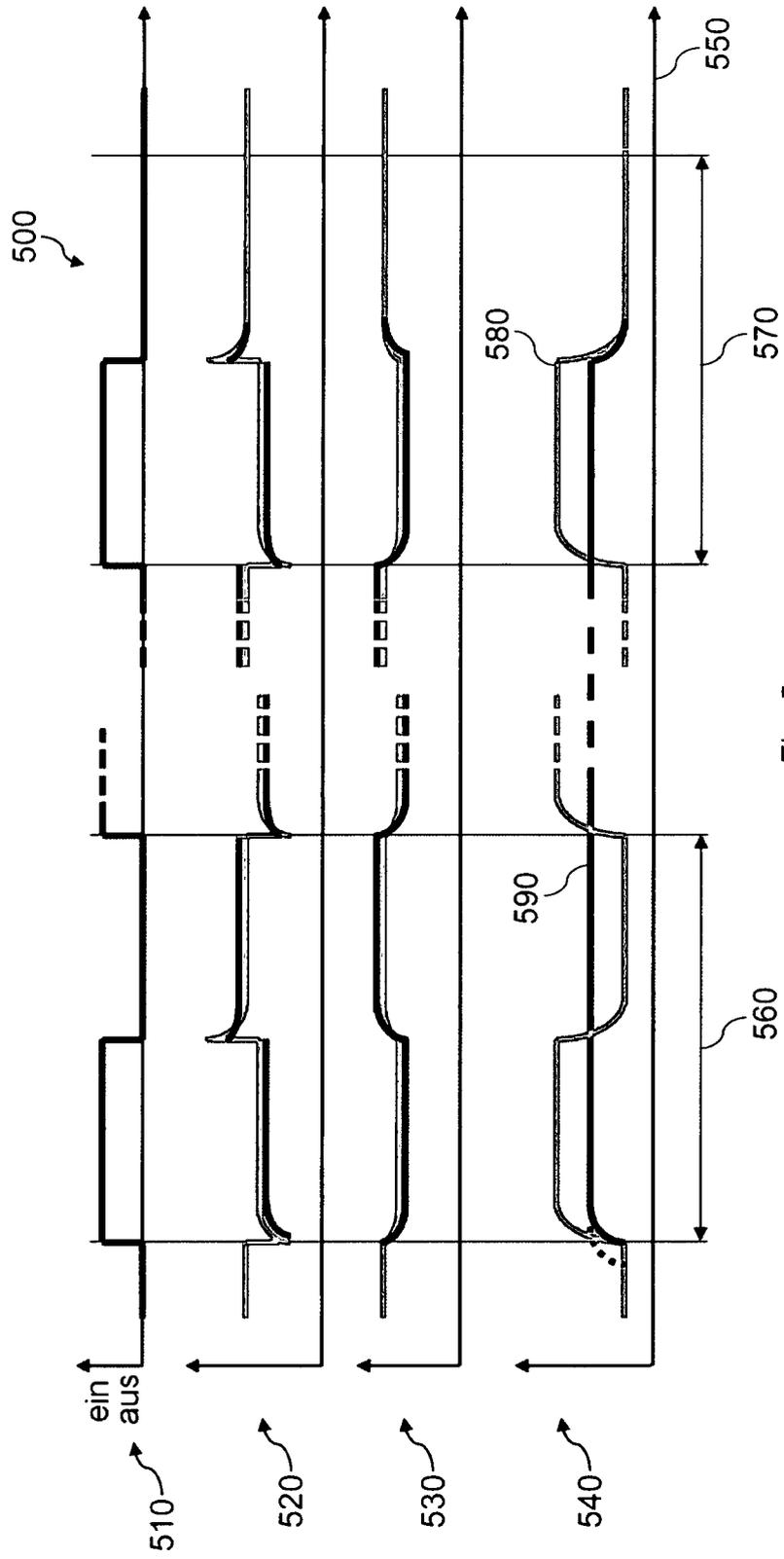


Fig. 5