



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 205 017.5**

(22) Anmeldetag: **28.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **31.10.2012**

(51) Int Cl.: **F02D 41/02 (2012.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2011 017 709.4 28.04.2011

(72) Erfinder:

Winkler, Klaus, 71277, Rutesheim, DE; Zein, Thomas, 71069, Sindelfingen, DE; Holberg, Richard, 70176, Stuttgart, DE

(71) Anmelder:

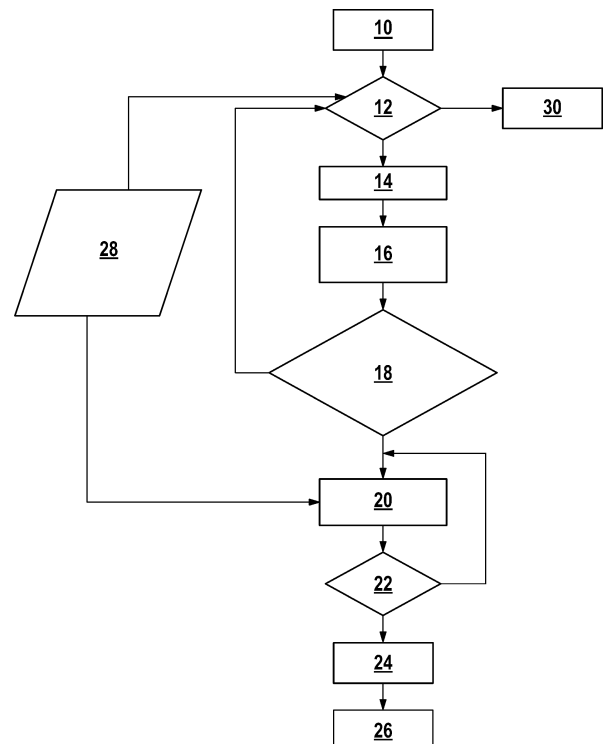
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (110) vorgeschlagen, wobei die Brennkraftmaschine (110) mindestens ein keramisches Sensorelement (122) zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases der Brennkraftmaschine (110) aufweist, insbesondere mindestens eine Lambdasonde und/oder mindestens einen NO_x-Sensor und/oder mindestens einen HC-Sensor, wobei das keramische Sensorelement (122) mindestens ein Heizelement (124) zum Erwärmen des keramischen Sensorelements (122) aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte in der dargestellten Reihenfolge umfasst:

- Erfassen mindestens eines Auslöseereignisses zum Aktivieren des Heizelements (124) vor einem Aktivieren der Brennkraftmaschine (110),
- Aktivieren des Heizelements (124) zum Erwärmen des keramischen Sensorelements (122) mittels des Heizelements (124) in einem Vorheizbetrieb, und
- Aktivieren der Brennkraftmaschine (110).



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Aus dem Stand der Technik sind viele Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bekannt. Dabei kommt dem Betrieb mit einer möglichst geringen Ausstoßrate an Schadstoffen, wie beispielsweise Kohlenstoffmonoxid, Stickoxiden und dergleichen, eine besondere Bedeutung zu. Damit die Schadstoffe im Katalysator der Brennkraftmaschine in weniger schädliche Stoffe umgewandelt werden können, ist es erforderlich, der Brennkraftmaschine ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis von Sauerstoff zu Kraftstoff zuzuführen.

[0002] Zum Bestimmen mindestens eines Parameters eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere eines Abgases, werden in der Regel keramische Sensorelemente verwendet. Bei dem Messgasraum kann es sich beispielsweise um einen Abgastrakt einer Brennkraftmaschine handeln. Bei dem mindestens einen Parameter kann es sich grundsätzlich um mindestens eine beliebige physikalische und/oder chemische Eigenschaft des Gases handeln, wobei eine oder mehrere Eigenschaften erfasst werden können. Die Erfassung kann qualitativ und/oder quantitativ vorgenommen werden. Insbesondere kann der mindestens eine Parameter einen Anteil, beispielsweise einen Prozentsatz und/oder einen Partialdruck, mindestens einer Gaskomponente des Gases umfassen. Insbesondere kann eine Erfassung eines Sauerstoffanteils in dem Gas erfolgen. Der Sauerstoffanteil kann beispielsweise in Form eines Partialdrucks und/oder in Form eines Prozentsatzes erfasst werden. Alternativ oder zusätzlich sind jedoch auch andere Eigenschaften des Gases erfassbar. Auch die hier vorliegende Erfindung eignet sich für eine derartige Erfassung.

[0003] Beispielsweise können derartige keramische Sensorelemente als so genannte Lambdasonden ausgestaltet sein, wie sie beispielsweise aus Konrad Reif (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 160–165, bekannt sind. Mittels so genannter Sprungsonden kann beispielsweise eine Regelung auf eine Luftzahl $\lambda = 1$ erfolgen. Mit Breitband-Lambdasonden, insbesondere mit planaren Breitband-Lambdasonden, kann beispielsweise die Sauerstoffkonzentration im Abgas in einem großen Bereich bestimmt und damit auf das Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Brennraum geschlossen werden. Die Luftzahl λ beschreibt dieses Luft-Kraftstoff-Verhältnis.

[0004] So werden zur Abgasnachbehandlung von Brennkraftmaschinen (im Folgenden auch als Verbrennungsmotoren bezeichnet) in vielen Fällen Katalysatoren eingesetzt. Um die Effizienz dieser Katalysatoren zu steigern, wird ein brennbares Gemisch

der Brennkraftmaschinen zusätzlich in vielen Fällen durch eine Lambdasonde vor dem Katalysator auf einen Zielwert geregelt. Bei Drei-Wege-Katalysatoren wird dieser Zielwert in der Regel bei einer Luftzahl $\lambda = 1.0$ gewählt, um die gesetzlich limitierten Emissionen CO, HC, NOx optimal zu konvertieren.

[0005] Insbesondere bei Ottomotoren kommt einem Betrieb bei $\lambda = 1$ eine besondere Bedeutung zu, da nur in einem sehr engen Bereich um $\lambda = 1$ eine nahezu vollständige Beseitigung bzw. Umwandlung der oben genannten Schadstoffe in weniger schädliche Stoffe im Katalysator funktioniert. Eine große Menge an Schadstoffen wird unmittelbar nach dem Motorstart emittiert. Um die Schadstoffe im Abgas möglichst schnell nach dem Motorstart vollständig beseitigen zu können, ist es erforderlich, so schnell wie möglich eine Regelung auf $\lambda = 1$ vornehmen zu können. Dieser Vorgang wird auch als Schließen der Lambdaregelung bezeichnet. Ist der Katalysator nach Motorstart noch nicht betriebswarm, gilt es in der Regel, die Rohemissionen des Motors zu minimieren. So kann es nach Motorstart sinnvoll sein, einen mageren Lambdasollwert von z.B. $\lambda = 1.03$ einzuregulieren. Dieser Wert stellt anhängig vom Motorprojekt ein Optimum bzgl. der HC-Rohemissionen dar. Auch hierfür wird in der Regel schnellstmöglich eine Lambdaregelung, also ein Schließen der Lambdaregelung, verwendet.

[0006] Diese Regelung erfordert ein messbares Lambdasignal, das nur bei einer betriebsbereiten Lambdasonde vorliegt. Das Funktionsprinzip der Lambdasonden oder auch anderer keramischer Sensoren wie beispielsweise NOx-Sensoren oder HC-Sensoren beruht in der Regel auf einer Sauerstoffionenleitung eines keramischen Materials, welches auch als Festkörperelektrolyt bezeichnet wird, wie beispielsweise Yttrium-stabilisiertem Zirkoniumdioxid. Aufgrund ihres Messprinzips muss die Lambdasonde in der Regel zunächst auf ihre Betriebstemperatur erwärmt werden, da der Festkörperelektrolyt erst bei Temperaturen oberhalb 350 °C für Sauerstoffionen leitend wird. Zu diesem Zweck weisen die Sensorelemente in der Regel mindestens ein Heizelement auf. In vielen Fällen ist eine Funktion erst ab einer Keramiktemperatur von mehr als z.B. 600 °C gewährleistet. Die Betriebstemperatur des Festkörperelektrolyten oder des Sensorelements liegt daher üblicherweise im Bereich von 600 bis 900 °C. Allerdings benötigt das Aufheizen der Sonde eine gewisse Zeit, die je nach Anfangszustand bzw. -temperatur beispielsweise bis zu 20 Sekunden dauern kann. Beispielsweise können typische Aufheizzeiten von Lambdasonden, welche für das Aufheizen von 20 °C bis hin zu Betriebstemperaturen oberhalb von 600 °C benötigt werden, von 5 s bis 15 s betragen. In diesem Zeitraum des Aufheizens der Lambdasonde auf ihre Betriebstemperatur ist die Lambdasonde in der Regel nicht nutzbar. Der Lambdawert kann dem-

zufolge nicht eingeregelt werden, so dass in diesem Zeitraum die Schadstoffe im Katalysator nicht optimal konvertiert werden können.

[0007] Ein Problem bei vielen keramischen Sensorelementen besteht in dem so genannten Wasser-schlag. Beim Auftreffen von Wasser auf keramische Sensorelemente kann es zu Rissen im Sensorelement kommen, bedingt durch zu hohe Thermospannungen. Beispielsweise kann bei der Verbrennung von Kraftstoff Wasserdampf im Abgasrohr entstehen und kondensieren, da in diesem für einen bestimmten Zeitraum nach dem Motorstart eine Temperatur unterhalb des Taupunkts für Wasser vorliegt. Dadurch kommt es im Abgasrohr zur Bildung von Wassertropfen. Die Erwärmung der Lambdasonde erfolgt relativ schnell. Die aufgeheizte Keramik der Lambdasonde kann durch Auftreffen von Wassertropfen durch thermische Spannungen oder Brüche in der Sensor-keramik beschädigt oder gar zerstört werden. Daher dürfen die Lambdasonden nicht vor Überschreiten des Taupunktes auf Betriebstemperatur beheizt werden. Unter Anderem aus diesem Grund befindet sich der Einbauort der Lambdasonde möglichst nahe am Motor, wodurch auch eine schnelle Aufheizung der Abgasrohre im Bereich stromaufwärts der Lambdasonde angestrebt wird. Zur Vermeidung von einer Ansammlung an Kondenswasser stromaufwärts der Lambdasonde wird in der Regel ein abfallender Verlauf der Abgasrohre angestrebt. Ferner zeigt eine Abgasöffnung des Schutzrohrs der Lambdasonde nicht entgegen dem Abgasstrom. Auch wurde versucht, das Problem der thermischen Spannungen durch ein verzögertes Einschalten der Lambdasondenheizung oder ein leistungsreduziertes Heizen ab Motorstart zu verringern. Allerdings verlängert diese Strategie die Zeit, in der die Lambdasonde nicht nutzbar ist.

[0008] Daher wurden Lambdasonden entwickelt, die eine poröse keramische Schutzschicht an ihrer Oberfläche aufweisen, die auch als Thermo-Shock-Protection-Schicht (TSP-Schicht) bezeichnet wird. Diese Schutzschicht sorgt dafür, dass auf die Lambdasonde auftreffende Wassertropfen über eine große Fläche verteilt werden und somit die auftretenden lokalen Temperaturgradienten in dem Festkörperelektrolyt bzw. der Sondenkeramik verringert werden. Diese Lambdasonden vertragen im beheizten Zustand also eine gewisse Tropfengröße an Kondenswasser, ohne beschädigt zu werden. Daher ist es bei dieser Art von Lambdasonden unter gewissen Randbedingungen möglich, die Lambdasondenheizung bereits ab dem Motorstart zu aktivieren.

[0009] Trotz der zahlreichen Vorteile der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einer Lambdasonde beinhalten diese noch Verbesserungspotenzial. So beinhalten die zuletzt genannten Lambdasonden beispielsweise die technische Herausforderung, die

Zeit, die benötigt wird, um die Lambdasonde nach Aktivierung der Brennkraftmaschine auf ihre Betriebstemperatur zu bringen, von ungefähr 10 Sekunden weiter zu verkürzen.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Es werden daher ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, eine nach diesem Verfahren betreibbare Brennkraftmaschine, ein Betriebsverfahren zum Betrieb eines Hybridantriebs und ein Hybridantrieb vorgeschlagen, welche die Nachteile bekannter Verfahren, Brennkraftmaschinen und Hybridantriebe zumindest weitgehend vermeiden und bei denen insbesondere die Zeit verkürzt werden kann, die nach einer Aktivierung der Brennkraftmaschine benötigt wird, um das keramische Sensorelement auf seine Betriebstemperatur zu bringen. Bei einer Lambdasonde kann dies beispielsweise ein Übergang in den geregelten Betrieb bei dem gewünschten Luft-Kraftstoff-Verhältnis sein, wie beispielsweise $\lambda = 1$.

[0011] Die Erfindung ist grundsätzlich für jede Brennkraftmaschine geeignet, die mindestens ein keramisches Sensorelement zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases der Brennkraftmaschine aufweist, insbesondere mindestens eine Lambdasonde und/oder mindestens einen NO_x-Sensor und/oder mindestens einen HC-Sensor, wobei das keramische Sensorelement mindestens ein Heizelement zum Erwärmen des keramischen Sensorelements aufweist. Insbesondere kann die Brennkraftmaschine einen Ottomotor und/oder einen Dieselmotor umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die Brennkraftmaschine auch, wie unten noch ausgeführt wird, einen Hybridantrieb umfassen oder Bestandteil eines Hybridantriebs sein, beispielsweise mit mindestens einem Ottomotor und/oder mindestens einem Dieselmotor und zusätzlich mindestens einem Elektroantrieb, insbesondere einem Elektromotor.

[0012] Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, vorzugsweise in der genannten Reihenfolge:

- Erfassen mindestens eines Auslöseereignisses zum Aktivieren des Heizelementes vor einem Aktivieren der Brennkraftmaschine,
- Aktivieren des Heizelementes zum Erwärmen des keramischen Sensorelements mittels des Heizelementes in einem Vorheizbetrieb, und
- Aktivieren der Brennkraftmaschine, insbesondere Aktivieren mindestens eines Verbrennungsmotors der Brennkraftmaschine.

[0013] Das keramische Sensorelement kann insbesondere eine Lambdasonde sein oder eine Lambda-sonde umfassen. Die Lambdasonde kann beispielsweise als Fingersonde oder als planare Lambdasonde ausgeführt werden, also beispielsweise als Lambdasonde mit schichtförmigem Aufbau. Beispielswei-

se lassen sich Sprungsonden und/oder Breitband-Lambdasonden realisieren. Alternativ oder zusätzlich kann das keramische Sensorelement auch mindestens eine andere Art eines keramischen Sensorelements umfassen, beispielsweise einen NO_x-Sensor.

[0014] In dem Schritt des Aktivierens des Heizelements kann das Heizelement auf mindestens eine vorbestimmte Temperatur erwärmt werden, wobei die vorbestimmte Temperatur eine Temperatur oberhalb einer Funktionsgrenze des keramischen Sensorelements ist.

[0015] Das Auslöseereignis kann von mindestens einem Sensor erfasst werden. Der Sensor kann das erfasste Auslöseereignis an eine Steuerung der Brennkraftmaschine übermitteln.

[0016] Das keramische Sensorelement kann insbesondere mindestens eine elektrochemische Zelle umfassen und eine Temperatur des keramischen Sensorelements kann insbesondere mittels einer Bestimmung eines Innenwiderstands der elektrochemischen Zelle bestimmt werden.

[0017] Bei Aktivierung der Brennkraftmaschine kann der Vorheizbetrieb beendet und ein Standardheizbetrieb aktiviert werden.

[0018] Vor dem Aktivieren des Heizelements kann ein Vorliegen mindestens einer Randbedingung überprüft werden. Die Randbedingung kann insbesondere ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus:

- einer Bedingung betreffend einen Status einer elektrischen Energiequelle, insbesondere eines elektrischen Energiespeichers;
- einer Umgebungsbedingung in einem Abgassystem der Brennkraftmaschine, insbesondere einem Vorliegen von Umgebungsbedingungen, bei denen die Aktivierung des Heizelements zerstörungsfrei erfolgen kann, insbesondere einer Umgebungsbedingung ausgewählt aus: einer Temperatur des Abgases, einer Temperatur der Brennkraftmaschine, einer Temperatur des Abgassystems, einer Kondenswassermenge in dem Abgassystem.

[0019] Es kann sein, dass das Heizelement nur aktiviert wird, wenn eine Temperatur der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Temperatur in einem Abgasrohr der Brennkraftmaschine, einen vorbestimmten Schwellwert erreicht oder überschreitet.

[0020] Die Brennkraftmaschine kann insbesondere Bestandteil eines Hybridantriebs sein und das Auslöseereignis ein Signal sein, das anzeigt, dass zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach Erfassen des Auslöseereignisses die Brennkraftmaschine aktiviert wird. Der Hybridantrieb kann mindestens eine Brenn-

kraftmaschine und mindestens einen elektrischen Antrieb aufweisen, beispielsweise einen elektrischen Antrieb mit mindestens einem Elektromotor.

[0021] Das Heizelement kann in dem Vorheizbetrieb gesteuert oder geregelt betrieben werden. Das keramische Sensorelement kann mindestens eine Thermoschockschutzschicht aufweisen.

[0022] Die Brennkraftmaschine kann mindestens einen Verbrennungsmotor umfassen, beispielsweise mindestens einen Ottomotor und/oder mindestens einen Dieselmotor. Die Brennkraftmaschine kann insbesondere Bestandteil eines Antriebs eines Kraftfahrzeugs sein.

[0023] Ein Gedanke der Erfindung besteht darin, das keramische Sensorelement bereits aktiv zu beheizen bzw. vorzuheizen, bevor eine Aktivierung der Brennkraftmaschine stattfindet. Die Temperatur, auf die das keramische Sensorelement vorgeheizt wird, kann oberhalb der Funktionstemperatur und unterhalb der Betriebstemperatur liegen. Wird die Brennkraftmaschine als Motor eines Fahrzeugs ausgeführt, kann das keramische Sensorelement bereits beheizt werden, bevor ein Fahrer den Motor startet. Dafür wird beispielsweise ausgenutzt, dass ein mit dem Motor verbundenes Motorsteuergerät bereits einige Sekunden vor dem eigentlichen Motorstart in einen betriebsbereiten Zustand versetzt werden kann. Dies kann dadurch geschehen, dass ein Auslöseereignis von einem Sensor erfasst wird und das Auslöseereignis an das Motorsteuergerät übermittelt wird, so dass das Motorsteuergerät die Heizung des keramischen Sensorelements aktiviert. Bei dem Beispiel des Fahrzeugs kann das Auslöseereignis durch einen Türkontaktschalter oder das Betätigen der Funkfernbedienung erfasst werden. Ist das Steuergerät aufgeweckt bzw. betriebsbereit, so wird beispielsweise das keramische Sensorelement beheizt, so dass bei einem Motorstart das keramische Sensorelement bereits vorgeheizt sein kann. Somit kann die benötigte Zeit zum Aufheizen des keramischen Sensorelements nach dem Motorstart entsprechend reduziert werden.

[0024] Insbesondere lässt sich dadurch eine Brennkraftmaschine in Form eines Motors eines Kraftfahrzeugs betreiben, bei der das Auslöseereignis von einem Sensor erfasst wird und an eine Steuerung der Brennkraftmaschine übermittelt wird. Dabei kann die Steuerung bereits aktiviert werden, bevor sie ein Signal zum Zünden der Brennkraftmaschine erhält. Die Steuerung aktiviert dann beispielsweise das Heizelement des keramischen Sensorelements, beispielsweise der Lambdasonde, wodurch das keramische Sensorelement beispielsweise auf mindestens eine vorbestimmte Temperatur erwärmt bzw. beheizt werden kann. Die vorbestimmte Temperatur kann eine Temperatur unterhalb der Betriebs-

temperatur, aber oberhalb der Funktionsgrenze der Lambdasonde sein. Die Funktionsgrenze ist diejenige Grenze, ab der die eigentliche Funktion des keramischen Sensorelements, wenn auch gegebenenfalls eingeschränkt, ausführbar ist.

[0025] Die von dem Heizelement zum Erwärmen des keramischen Sensorelements zugeführte Wärmeenergie kann bei Erreichen der vorbestimmten Temperatur so verringert werden, dass die vorbestimmte Temperatur des keramischen Sensorelements konstant bleibt bzw. für einen bestimmten Zeitraum konstant gehalten wird. Dadurch ist es möglich, auch einen längeren Zeitraum zwischen Aktivierung des Heizelements bzw. Erreichen der vorbestimmten Temperatur des keramischen Sensorelements und der eigentlichen Aktivierung der Brennkraftmaschine zu überbrücken, ohne dass das keramische Sensorelement weiter aufgeheizt wird bzw. dieses bei Deaktivierung des Heizelements abkühlt und bei nachfolgender Aktivierung der Brennkraftmaschine wieder stärker aufgeheizt werden muss.

[0026] Das keramische Sensorelement kann mindestens eine elektrochemische Zelle umfassen. Unter einer elektrochemischen Zelle ist allgemein ein Element zu verstehen, welches mindestens zwei Elektroden und mindestens einen die Elektroden verbindenden Festkörperelektrolyten umfasst. Eine Temperatur des keramischen Sensorelements kann beispielsweise mittels einer Bestimmung eines Innenwiderstands der elektrochemischen Zelle bestimmt werden. Bei einem keramischen Sensorelement mit einer Nernstzelle kann die Temperatur des keramischen Sensorelements daher beispielsweise mittels einer Bestimmung des Innenwiderstandes der Nernstzelle erfasst werden.

[0027] Bei Aktivierung der Brennkraftmaschine kann der Vorheizbetrieb beendet und ein Standardheizbetrieb aktiviert werden. Dies bedeutet, dass das Vorheizen des keramischen Sensorelements bis auf eine vorbestimmte Temperatur, beispielsweise oberhalb der Funktionsgrenze erfolgt, bei Aktivierung der Brennkraftmaschine aber ein Aufheizen auf die Betriebstemperatur erfolgt.

[0028] Vor dem Aktivieren des Heizelements kann ein Vorliegen mindestens einer Randbedingung überprüft werden. Die Randbedingung kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus: einer Bedingung betreffend einen Status einer elektrischen Energiequelle, insbesondere eines elektrischen Energiespeichers; einer Umgebungsbedingung in einem Abgassystem der Brennkraftmaschine, insbesondere einem Vorliegen von Umgebungsbedingungen, bei denen die Aktivierung des Heizelements störungsfrei erfolgen kann, insbesondere einer Umgebungsbedingung ausgewählt aus einer Temperatur des Abgases, einer Temperatur der Brennkraft-

maschine, einer Temperatur des Abgassystems, einer Kondenswassermenge im Abgassystem, die sich aus vorherigen Motorstarts akkumuliert. Daher kann das Heizelement insbesondere derart angesteuert werden, dass dieses nur aktiviert wird, wenn eine Temperatur der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Temperatur in einem Abgasrohr der Brennkraftmaschine, mindestens einen vorbestimmten Schwellwert erreicht oder überschreitet. Dies kann beispielsweise der Taupunkt für Wasser in dem Abgasrohr im Bereich des keramischen Sensorelements oder davor sein.

[0029] Das Heizelement kann in dem Vorheizbetrieb gesteuert, beispielsweise derart, dass es für eine vorbestimmte Zeit heizt, oder geregelt, beispielsweise derart, dass es temperaturabhängig heizt, betrieben werden.

[0030] Ferner kann das keramische Sensorelement, wie oben ausgeführt, mindestens eine Thermochockschutzschicht aufweisen. Dadurch wird das keramische Sensorelement besonders gut vor thermischen Spannungen beim Auftreffen von Wassertropfen geschützt.

[0031] Wie oben ausgeführt, ist das Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine insbesondere in Hybridantrieben vorteilhaft einsetzbar, insbesondere in Hybridantrieben für Kraftfahrzeuge. Die Brennkraftmaschine kann somit insbesondere Bestandteil eines Hybridantriebs sein, und das Auslöseereignis kann insbesondere ein Signal sein, das anzeigt, dass zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach Erfassen des Auslöseereignisses die Brennkraftmaschine aktiviert wird.

[0032] Ist vorteilhafterweise die Brennkraftmaschine Bestandteil eines Hybridantriebs, insbesondere eines Hybridantriebs eines Kraftfahrzeugs, so kann der Hybridantrieb neben der Brennkraftmaschine insbesondere mindestens einen elektrischen Antrieb mit mindestens einem elektrischen Energiespeicher aufweisen. Beispielsweise kann der elektrische Antrieb mindestens einen Elektromotor umfassen. Der elektrische Energiespeicher kann beispielsweise mindestens eine elektrische Batterie und/oder mindestens einen elektrischen Akkumulator aufweisen. Vorzugsweise ist der elektrische Energiespeicher wiederaufladbar. Auch andere Arten von Hybridantrieben, beispielsweise Hybridantriebe mit mehreren Brennkraftmaschinen, beispielsweise unterschiedlichen Arten von Brennkraftmaschinen, sind grundsätzlich denkbar.

[0033] Wird ein Hybridantrieb mit mindestens einer Brennkraftmaschine und weiterhin mindestens einem elektrischen Antrieb mit mindestens einem elektrischen Energiespeicher verwendet, so ist es besonders bevorzugt, wenn das Auslöseereignis einen

Eintritt mindestens einer vorgegebenen Bedingung eines Ladezustands des elektrischen Energiespeichers umfasst. Unter einem Ladezustand wird dabei allgemein eine Messgröße verstanden, welche eine elektrische Energiemenge charakterisiert, die in dem elektrischen Energiespeicher enthalten ist. Beispielsweise kann diese Messgröße eine elektrische Ladung und/oder eine elektrische Spannung und/oder einen elektrischen Strom des elektrischen Energiespeichers aufweisen. Verfahren zur Erfassung von Ladezuständen sind dem Fachmann aus der Elektrotechnik weitgehend bekannt, beispielsweise Verfahren, welche eine elektrische Spannung des elektrischen Energiespeichers überwachen.

[0034] Insbesondere kann das Auslöseereignis ein Absinken des Ladezustands des elektrischen Energiespeichers auf mindestens eine vorgegebene Ladezustandsschwelle S_1 oder unter mindestens eine vorgegebene Ladezustandsschwelle S_1 sein. Wird beispielsweise der Ladezustand mit SOC bezeichnet (state of charge), so kann beispielsweise das Heizelement des keramischen Sensorelements, beispielsweise der Lambdasonde und/oder des NOx-Sensors und/oder des HC-Sensors, aktiviert werden, wenn $SOC = S_1$ oder wenn $SOC \leq S_1$ oder wenn $SOC < S_1$. Anstelle einer einzelnen Ladezustandsschwelle können auch mehrere Ladezustandsschwellen vorgegeben werden, so dass beispielsweise eine stufenweise Aufheizung mit unterschiedlichen Heizleistungen erfolgen kann. Verschiedene Ausgestaltungen sind denkbar.

[0035] Die mindestens eine Ladezustandsschwelle S_1 kann insbesondere derart gewählt werden, dass das Heizelement aktiviert wird bevor die Brennkraftmaschine aktiviert wird, was ebenfalls wiederum durch mindestens eine Ladezustandsschwelle ausgelöst werden kann. So kann beispielsweise weiterhin mindestens eine zweite Ladezustandsschwelle S_2 vorgegeben sein, wobei die zweite Ladezustandsschwelle einen niedrigeren Ladezustand charakterisiert als die Ladezustandsschwelle S_1 , also wobei $S_1 > S_2$. Das Verfahren kann derart durchgeführt werden, dass bei einem weiteren Absinken des Ladezustands auf die Ladezustandsschwelle S_2 oder unter die Ladezustandsschwelle S_2 (also $SOC = S_2$ oder $SOC \leq S_2$ oder $SOC < S_2$) die Brennkraftmaschine gestartet wird, insbesondere mindestens ein Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine. Mittels der Brennkraftmaschine kann dann beispielsweise auch ein vollständiges oder teilweises Wiederaufladen des elektrischen Energiespeichers erfolgen.

[0036] In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird somit ein Betriebsverfahren zum Betrieb eines Hybridantriebs vorgeschlagen, insbesondere eines Hybridantriebs eines Kraftfahrzeugs. Der Hybridantrieb weist mindestens eine Brennkraftmaschine und mindestens einen elektrischen Antrieb

auf. Die Brennkraftmaschine wird bei diesem Betriebsverfahren mittels eines Verfahrens zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Ausgestaltungen betrieben.

[0037] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Brennkraftmaschine vorgeschlagen, umfassend mindestens ein keramisches Sensorelement zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases der Brennkraftmaschine, weiterhin umfassend mindestens eine Steuerung. Die Steuerung ist eingerichtet, um ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betreiben der Brennkraftmaschine durchzuführen. Bei der Steuerung kann es sich beispielsweise um eine zentrale oder auch dezentral ausgestaltete Steuerung handeln, welche optional auch ganz oder teilweise in eine Motorsteuerung, beispielsweise ein zentrales Motorsteuerungsgerät, integriert sein kann. Die Steuerung kann beispielsweise mindestens ein Datenverarbeitungsgerät umfassen, beispielsweise mindestens einen Microcontroller, welches beispielsweise programmtechnisch eingerichtet ist, um das Verfahren durchzuführen.

[0038] Die Brennkraftmaschine kann insbesondere Bestandteil eines Hybridantriebs sein und das Auslöseereignis ein Signal sein, das anzeigt, dass zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach Erfassen des Auslöseereignisses die Brennkraftmaschine aktiviert wird. Dieses Auslöseereignis lässt sich dabei anhand von Algorithmen bestimmen, die zum Betreiben des Elektromotors des Hybridantriebs ohnehin verwendet werden. Daher lässt sich der Zeitpunkt des Zuschaltens der Brennkraftmaschine exakt bestimmen, so dass auch der Zeitpunkt für das Aktivieren des Heizelements exakt vorhersagbar bzw. bestimmbar ist.

[0039] Generell gilt, dass das Auslöseereignis für den Vorheizbetrieb ein von einem Zündsignal der Brennkraftmaschine verschiedenes Signal sein sollte.

[0040] Bei einem Kraftfahrzeug ohne Hybridantrieb kann die Brennkraftmaschine ein Motor des Kraftfahrzeugs sein und das Auslöseereignis wenigstens eines sein ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: Betätigung eines Türkontaktschalters, Erfassen eines Signals einer Funkfernbedienung zum Entriegeln einer Fahrzeughür, Betätigung eines Sitzkontaktschalters.

[0041] Mit ansteigender Temperatur kann die in die Lambdasonde zugeführte Wärmeenergie reduziert werden und bei Erreichen der Betriebstemperatur für einen bestimmten Zeitraum gehalten werden. Bei einer Lambdasonde mit einer Nernstzelle kann die Temperatur der Lambdasonde beispielsweise mittels einer Bestimmung des Innenwiderstandes der Nernstzelle bestimmt werden.

[0042] Sobald der Motor bzw. die Brennkraftmaschine gestartet wird, wird vorzugsweise das Vorheizen der Lambdasonde abgebrochen bzw. beendet. In Abhängigkeit von einem Unterschreiten einer vorbestimmten Temperatur der Brennkraftmaschine kann das Auslöseereignis bestimmt werden. Dies bedeutet, dass bei Vorherrschen einer Temperatur unterhalb eines bestimmten Schwellwerts, wie beispielsweise der Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine, das keramische Sensorelement, beispielsweise die Lambdasonde, beheizt werden kann. Dadurch wird beispielsweise erreicht, dass das keramische Sensorelement nur bei einem Kaltstart des Motors vorgeheizt wird, aber nicht wenn der Motor nach beispielsweise einer nur kurzen Unterbrechung erneut gestartet wird. Es ist jedoch auch alternativ möglich, dass die Lambdasonde immer vorgeheizt wird, um ein schnelles Schließen der Lambdaregelung sicherzustellen.

[0043] Die Beheizung des keramischen Sensorelements und/oder die Energieversorgung des Heizelementes können mittels einer elektrischen Energiequelle, wie beispielsweise der Batterie in einem Fahrzeug, erfolgen. Vorteilhafterweise wird das Auslöseereignis bestimmt, wenn die in der elektrischen Energiequelle vorhandene Ladung ausreicht, das keramische Sensorelement auf die vorbestimmte Temperatur zu erwärmen. Dies soll verhindern, dass die in der Batterie vorhandene Spannung nicht mehr zum Starten des Motors ausreicht.

[0044] Neben der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird weiterhin ein Hybridantrieb vorgeschlagen, insbesondere zum Einsatz in einem Kraftfahrzeug. Der Hybridantrieb umfasst mindestens eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen sowie weiterhin mindestens einen elektrischen Antrieb mit mindestens einem Energiespeicher. Der Hybridantrieb kann insbesondere eingerichtet sein, um ein Betriebsverfahren zum Betrieb eines Hybridantriebs durchzuführen, beispielsweise wiederum durch mindestens eine entsprechend eingerichtete Steuerung, beispielsweise eine zentral oder dezentral ausgestaltete Steuerung mit mindestens einer Datenverarbeitungsvorrichtung, beispielsweise mindestens einem Mikrocontroller. Die Steuerung des Hybridantriebs kann ganz oder teilweise identisch mit der Steuerung der Brennkraftmaschine sein.

[0045] Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren zum Betrieb des Hybridantriebs und der erfindungsgemäße Hybridantrieb weisen gegenüber bekannten Betriebsverfahren und Hybridantrieben eine Vielzahl von Vorteilen auf. So nimmt in vielen Fällen der Anteil an Elektrifizierung im Automobil stetig zu. Der Anteil an verbrennungsmotorischem Betrieb geht tendenziell zurück, und der Anteil an elektromotorischem

Betrieb nimmt zu. Bei so genannten Plug-In-Hybriden (PHEV) oder bei so genannten Range-Extendern (REX) ist der Anteil an elektrischem Fahrbetrieb besonders hoch, so dass einzelne Fahrtstrecken sogar vollständig elektrisch gefahren werden. Dennoch müssen diese Fahrzeuge die Abgasgrenzwerte einhalten und sind dementsprechend in der Regel mit einer Abgasnachbehandlung und mindestens einer Lambdasonde ausgestattet.

[0046] Bei herkömmlichen Hybridantrieben werden bislang in der Regel verschiedene Betriebsstrategien für Lambdasonden bei elektrifiziertem Antriebsstrang eingesetzt. So sind Betriebsstrategien bekannt, bei denen die Lambdasonden durchgehend beheizt werden. Diese Betriebsstrategien bieten den Vorteil, dass die Betriebsbereitschaft der Lambdasonden sofort gegeben ist und dass eine Lambdaregelung somit direkt verfügbar ist. Erheblich nachteilig an derartigen Betriebsstrategien ist jedoch, dass diese einen sehr hohen Energiebedarf und Stromverbrauch aufweisen, wodurch möglicherweise die Reichweite des elektromotorischen Antriebs verringert wird. Wenn das Abgassystem durch längere Stillstände auskühlt und somit Wasser an den kalten Oberflächen kondensieren könnte, kann grundsätzlich das Sensorelement rechtzeitig vorher ausgeschaltet werden, wobei Sensorelemente mit TSP die Notwendigkeit dieses Ausschaltens verringern.

[0047] In einer alternativen herkömmlichen Betriebsstrategie wird das Heizelement der Lambdasonde während des elektromotorischen Betriebs vollständig ausgeschaltet. Diese Betriebsstrategie bietet naturgemäß den Vorteil, dass während dieses Betriebs kein Energiebedarf für das Heizelement besteht. Weiterhin besteht in der Regel auch das oben beschriebene Problem des Wasserschlags nicht. Nachteilig an dieser Betriebsstrategie ist jedoch, dass die Lambdasonde während des elektromotorischen Betriebs auskühlt. Bei einem Start der Brennkraftmaschine muss die Lambdasonde daher erst aufgeheizt werden, und eine Lambdaregelung steht nicht sofort zur Verfügung.

[0048] Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren und der erfindungsgemäße Hybridantrieb kombinieren in effektiver Weise die Vorteile der oben beschriebenen herkömmlichen Betriebsstrategien, vermeiden jedoch zumindest weitgehend die Nachteile dieser Betriebsstrategien. Insbesondere für Kraftfahrzeuge mit langen Betriebsphasen mit rein elektrischem Antrieb, d.h. Phasen, in welchen die Brennkraftmaschine gestoppt ist (VM-Stopp-Phasen), macht sich dies vorteilhaft bemerkbar. Dementsprechend lassen sich die erfindungsgemäßen Konzepte besonders vorteilhaft beispielsweise in den oben genannten Plug-In-Hybriden oder auch in REX-Hybriden einsetzen. Auch ein Einsatz in anderen Hybridantrieben ist jedoch grundsätzlich denkbar.

[0049] Mittels der erfindungsgemäßen Ausgestaltungen lässt sich eine vorteilhafte Heizstrategie für Sensorelemente realisieren, beispielsweise für Lambdasonden, NOx-Sensoren oder auch HC-Sensoren. Um in den Betriebsphasen, in welchen die Brennkraftmaschine (auch als Verbrennungskraftmaschine, VM, bezeichnet) eingeschaltet wird („VM an“), die Luftzahl und/oder andere Parameter der Brennkraftmaschine mittels des mindestens einen Sensorelements sofort regeln zu können, kann erfindungsgemäß der Ladezustand des elektrischen Energiespeichers, beispielsweise der Batterieladezustand, berücksichtigt werden. Dieser wird, wie oben ausgeführt, auch als SOC (state of charge) bezeichnet. Sinkt beispielsweise der SOC unter eine Ladezustandsschwelle, wird das Heizelement eingeschaltet, da dann in der Regel davon ausgegangen werden kann, dass in der nachfolgenden Zeit die Brennkraftmaschine gestartet werden muss. Hierdurch lässt sich einerseits ein elektrischer Energieverbrauch während der typischerweise langen Zeit des elektromotorischen Betriebs vermeiden. Andererseits lässt sich das mindestens eine Sensorelement bedarfsgerecht aufheizen, beispielsweise in Form eines bedarfsgerechten Aufheizens der Lambdasonde. Auf diese Weise steht das Sensorelement vorteilhafterweise direkt beim Start der Brennkraftmaschine zur Verfügung, beispielsweise für eine Regelung mindestens eines Parameters der Brennkraftmaschine, beispielsweise einer Luftzahl.

[0050] Beispielsweise lässt sich erfindungsgemäß folgende Einschaltstrategie realisieren, mit den oben genannten Ladezustandsschwellen $S_1 > S_2$, wobei die Einschaltstrategie die folgenden Schritte aufweist, vorzugsweise in der genannten Reihenfolge:

- Start der Fahrt mit elektrischem Antrieb, elektrischer Antrieb (EM) eingeschaltet, Brennkraftmaschine (VM) ausgeschaltet.
- $SOC < S_1$: Einschalten des Heizelements, beispielsweise Lambdasondenheizung an.
- $SOC < S_2$: Einschalten der Brennkraftmaschine (VM an), beispielsweise zum Aufladen des elektrischen Energiespeichers, vorzugsweise Sensorelement direkt aktiv, beispielsweise Lambdaregung direkt aktiv.

[0051] Eine mögliche Strategie zum Ausschalten der Brennkraftmaschine und zum Starten des elektrischen Antriebs kann beispielsweise die folgenden Schritte umfassen, vorzugsweise wiederum in der genannten Reihenfolge:

- Betrieb der Brennkraftmaschine (VM an), Betrieb des Sensorelements und des Heizelements, beispielsweise Lambdasondenheizung an.
- Ausschalten der Brennkraftmaschine (VM aus), Einschalten des elektrischen Antriebs (EM an).

[0052] Optional kann im letzten Verfahrensschritt wiederum ein Ladezustand des elektrischen Energie-

speichers überwacht werden, wobei beispielsweise bei Erreichen oder Überschreiten einer dritten Ladezustandsschwelle S_3 (also $SOC = S_3$ oder $SOC > S_3$ oder $SOC \geq S_3$) das Heizelement ausgeschaltet werden kann. Beispielsweise kann S_3 erheblich größer sein als S_1 ($S_3 \gg S_1$). Insgesamt lässt sich auf diese Weise oder auf andere Weisen erfindungsgemäß ein effizientes und energiesparendes Betriebsverfahren für den Hybridantrieb realisieren, welches gleichzeitig hohen Anforderungen hinsichtlich der Qualität der Schadstoffemissionen genügen kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0053] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0054] Es zeigen:

[0055] [Fig. 1](#) ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0056] [Fig. 2](#) eine an einem Heizelement einer Lambdasonde angelegte Spannung während einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0057] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine und eines erfindungsgemäßen Hybridantriebs.

Ausführungsformen der Erfindung

[0058] Für das in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigte Verfahren wird Bezug genommen auf eine Brennkraftmaschine, die sich in einem Kraftfahrzeug befindet und welche im Folgenden exemplarisch auch als Verbrennungsmotor oder Motor bezeichnet wird. Der Motor weist in einem Abgasrohr ein keramisches Sensorelement zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases des Motors, insbesondere mindestens eine Lambdasonde und/oder mindestens einen NOx-Sensor und/oder mindestens einen HC-Sensor, auf. Hier weist der Motor exemplarisch eine Lambdasonde auf. Die Lambdasonde kann zum Nachweis von physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften eines Gases verwendet werden, wobei eine oder mehrere Eigenschaften erfasst werden können. Die Erfindung wird im Folgenden insbesondere unter Bezugnahme auf eine qualitative und/oder quantitative Erfassung einer Gaskomponente des Abgases der Brennkraftmaschine beschrieben, insbesondere unter Bezugnahme auf eine Erfassung eines Sauerstoffanteils in dem Abgas. Der Sauerstoffanteil kann beispielsweise in Form eines Partialdrucks und/oder in Form eines Prozentsatzes erfasst werden. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Arten von Gaskomponenten erfassbar, beispielsweise Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und/oder Wasser-

stoff. Alternativ oder zusätzlich sind jedoch auch andere Eigenschaften des Gases erfassbar.

[0059] In dem hier vorliegenden Beispiel ist die Lambdasonde beispielsweise eine planare Lambdasonde. Die Lambdasonde weist einen inneren Festelektrolytkörper als Sensorkeramik auf. Der innere Festelektrolytkörper enthält beispielsweise eine nicht gezeigte elektrochemische Zelle und ein nicht gezeigtes Heizelement. Zusätzlich kann ein nicht gezeigter so genannter Referenzluftkanal vorgesehen sein. Beispielsweise haben aktuelle Lambdasonden keinen offenen Referenzluftkanal mehr, sondern eine so genannte gepumpte Referenz, bei der mittels eines geringen Stroms eine geschlossene Referenzkammer kontinuierlich mit Sauerstoff voll gepumpt wird. Nähere Einzelheiten dazu sind beispielsweise dem oben genannten Stand der Technik entnehmbar. Die elektrochemische Zelle ist eine Zelle, die mindestens zwei Elektroden umfasst, die durch mindestens einen Festelektrolyten verbunden sind, und als so genannte Pumpzelle und/oder Nernstzelle ausgeführt sein kann. Die Nernstzelle, der optionale Referenzluftkanal und das Heizelement sind vorzugsweise in den inneren Festelektrolytkörper eingebaut bzw. integriert.

[0060] Auf einem Abschnitt der dem Abgasstrom ausgesetzten Oberfläche des Festelektrolytkörpers ist eine Elektrode angeordnet und vorzugsweise von einer keramischen Schutzschicht bedeckt. Die keramische Schutzschicht ist eine so genannte Thermochockschutzschicht. Die keramische Schutzschicht bedeckt nicht nur die Elektrode, sondern auch die dem Abgasstrom ausgesetzte Oberfläche des Festelektrolytkörpers, die von der Elektrode nicht bedeckt ist, also den Bereich, auf dem sich keine Elektrode befindet. In dem optionalen Referenzluftkanal befindet sich eine weitere Elektrode. Das Heizelement ist ein edelmetallhaltiger Mäander, der isoliert in den Festelektrolytkörper integriert ist und bereits bei niedriger Leistungsaufnahme für eine schnelle Erwärmung sorgt. Das integrierte Heizelement gewährleistet die Funktion der Lambdasonde selbst bei niedrigen Abgastemperaturen. Ein derartiges Einbauen bzw. Integrieren entspricht dem üblichen Aufbau eines keramischen Sensorelements einer planaren Lambdasonde wie er beispielsweise aus dem oben beschriebenen Stand der Technik bekannt ist. Die Lambdasonde kann in sich einem Schutzrohr befinden. Die Temperatur des Festelektrolytkörpers wird indirekt über den Innenwiderstand der Nernstzelle bestimmt.

[0061] Die Lambdasonde ist vorzugsweise mit der Steuerung der Brennkraftmaschine verbunden und/oder weist eine eigene Steuerung auf. Ferner sind mit der Steuerung der Brennkraftmaschine ein Türkontaktschalter und/oder ein Sitzkontaktschalter und/oder ein Sensor zum Erfassen eines Signals einer

Funkfernbedienung zum Verriegeln oder Entsperren der Fahrzeigtüre verbunden.

[0062] In dem Ruhezustand der Brennkraftmaschine herrscht in dem Abgasrohr im Wesentlichen die Umgebungstemperatur des Kraftfahrzeugs, d.h. eine Temperatur von ca. 20 °C vor. Möchte ein Fahrer mit dem Kraftfahrzeug fahren, betätigt er die Funkfernbedienung, um die Fahrzeigtüre zu entsperren. Der Sensor zum Erfassen des Funkfernbedienungssignals übermittelt das Vorliegen dieses Signals an die Motorsteuerung. Anschließend öffnet der Fahrer die Tür, was von dem Türkontaktschalter erfasst und an die Motorsteuerung übermittelt wird. Sofern sich der Fahrer auf den Fahrersitz begibt, erfasst der Sitzkontaktschalter eine Person auf dem Sitz und übermittelt dieses Signal an die Motorsteuerung. Alternativ ist die Übermittlung von einem der genannten Signale an die Motorsteuerung ausreichend. Dadurch wird bei Schritt **10** die Motorsteuerung in einen betriebsbereiten Zustand versetzt. Ein Sensor oder ein Modell in der Motorsteuergeräte-Software ermittelt die Temperatur der Umgebung der Lambdasonde und die Motorsteuerung erkennt bei Schritt **12**, dass sowohl der Motor als auch die Lambdasonde nicht auf ihrer Betriebstemperatur sind. Bevor der Fahrer die Zündung aktiviert, wird über eine Endstufe in dem Motorsteuerungsgerät ein Stromkreis des Heizelements geschlossen und an das Heizelement wird eine Spannung angelegt, so dass dieses bei Schritt **14** somit aktiviert wird, um die Lambdasonde zum Zeitpunkt t_1 vorzuheizen. Dies bedeutet, dass das Heizelement ab dem Zeitpunkt t_1 in einem Vorheizbetrieb arbeitet. Dadurch steigt die an das Heizelement der Lambdasonde angelegte Spannung, d.h. die effektive Heizspannung U_{Heff} , an, wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist. Dabei steigt die Temperatur der Lambdasonde an und es wird bei Schritt **16** entweder die in die Lambdasonde eingebrachte Wärmeenergie anhand des Verbrauchs an elektrischer Energie und/oder anhand des Innenwiderstandes der Nernstzelle die Temperatur der Lambdasonde erfasst. Sobald die Temperatur der Lambdasonde, die bei Schritt **18** erfasst wird, eine vorbestimmte Temperaturschwelle erreicht hat oder überschreitet, die unterhalb der Betriebstemperatur der Lambdasonde liegt, aber die Funktionsgrenze der Lambdasonde bei 350 °C übersteigt, kann zum Zeitpunkt t_2 die Heizspannung bei Schritt **20** verringert und ab dem Zeitpunkt t_2 auf einem niedrigeren Niveau konstant gehalten werden. Falls dies nicht der Fall ist, wird zu Schritt **12** zurückgekehrt. Dabei wird bei Schritt **22** weiterhin die Temperatur der Lambdasonde überwacht und bestimmt, ob ein Vorheizbetrieb weiterhin erforderlich ist oder nicht, um die Lambdasonde auf der vorbestimmten Temperatur zu halten. Falls ein Vorheizbetrieb erforderlich ist, wird zu Schritt **18** zurückgekehrt. Falls ein Vorheizbetrieb nicht mehr erforderlich ist, wird dieser bei Schritt **24** beendet und das Verfahren endet bei Schritt **26**. Dies stellt einen temperaturgeregelten Be-

trieb für das Heizelement dar. Alternativ ist ein beispielsweise zeitlich gesteuerter Betrieb möglich, bei dem nach einer vorbestimmten Zeitspanne, die einer bestimmten eingebrachten Wärmeenergiemenge in die Lambdasonde entspricht, die Heizspannung verringert wird. Bei Erfassung eines Zündsignals durch Betätigen der Zündung des Kraftfahrzeugs wird auch zum Zeitpunkt t_3 die an das Heizelement der Lambdasonde angelegte Heizspannung angehoben und die Lambdasonde wird auf ihre endgültige Betriebstemperatur von 600 bis 900 °C gebracht. Das bedeutet, dass das Heizelement ab dem Zeitpunkt t_3 in einem gesteuerten Standardheizbetrieb, der mit Aktivierung der Brennkraftmaschine beginnt, betrieben wird. Wenn die Betriebstemperatur nahezu erreicht ist, wird zu dem Zeitpunkt t_4 von dem gesteuerten Standardheizbetrieb in einen geregelten Standardheizbetrieb umgeschaltet, so dass die notwendige Heizleistung über einen Regler in dem Motorsteuergerät bedarfsgerecht eingeregelt wird. Anstelle des in [Fig. 2](#) zu dem Zeitpunkt t_3 gezeigten sprunghaften Anstiegs der effektiven Heizspannung U_{Heff} ist auch ein allmählicher Anstieg oder ein anderer Anstieg in Abhängigkeit von der jeweiligen Lambdasonde oder deren keramischen Zusammensetzung möglich.

[0063] Um sicherzustellen, dass die in der Batterie des Kraftfahrzeugs vorhandene Ladung ausreicht, sowohl die Lambdasonde auf ihre Betriebstemperatur zu erwärmen als auch den Motor zu starten, kann ein weiterer Sensor zum Erfassen des Ladungszustands der Batterie vorgesehen sein. Wird ein unzureichender Batteriezustandsstatus signalisiert, wird das Vorheizen der Lambdasonde abgebrochen bzw. nicht aktiviert. Es können aber auch bei Schritt **28** andere Parameter zum Aktivieren des Heizelements in den Schritten **12** und/oder **22** berücksichtigt werden, wie beispielsweise die Motortemperatur, die Umgebungstemperatur, die Menge an Kondenswasser im Abgasrohr aus abgebrochenen Kaltstarts des Motors usw. Dies dient zum Sicherstellen, dass die Lambdasonde nur erwärmt wird, wenn eine tolerierbare Menge an Kondenswasser beim nachfolgenden Motorstart zu erwarten ist, so dass nicht zu viele Wassertropfen auf die Sensorkeramik aufschlagen und es somit zu keiner Beschädigung der Lambdasonde kommt. Alternativ oder zusätzlich kann das Vorheizen der Lambdasonde abgebrochen werden, wenn beispielsweise nach einer gewissen Zeit die Brennkraftmaschine nicht aktiviert wird. Ebenfalls kann das Vorheizen unterbleiben, wenn die Temperaturbestimmung der Lambdasonde erfasst, dass nach einer Deaktivierung des Motors und einer erneuten Aktivierung die Temperatur der Lambdasonde oberhalb der Funktionstemperatur ist, so dass die Motorsteuerung bei Schritt **12** erkennt, dass ein Anlegen der Heizspannung für den Standardheizbetrieb zusammen mit dem Aktivieren des Motorstarts ausreichend ist, um die Betriebstemperatur der Lambdasonde in einer angemessenen Zeit zu erreichen und somit das

Verfahren bei Schritt **30** beendet wird. Folglich wird das Heizelement nur in dem Vorheizbetrieb betrieben, wenn die Temperatur der Brennkraftmaschine einen vorbestimmten Schwellwert unterschreitet. Der Vorheizbetrieb wird allerdings nur ausgeführt, wenn die Temperatur des Gases in dem Abgasrohr oder die Temperatur des Abgasrohres selbst einen Temperaturschwellwert überschreitet, um zu verhindern, dass beim folgenden Motorstart zu viel Wasser kondensiert, das die Lambdasonde beschädigen könnte.

[0064] Bei einer alternativen Ausführungsform befindet sich die Lambdasonde in einem Abgasrohr einer Brennkraftmaschine eines Hybridfahrzeugs. Nachfolgend wird nur auf die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform eingegangen. Bei einem Hybridfahrzeug erfolgt üblicherweise ein Losfahren mittels des Elektromotors. Für ein Erwärmen der Lambdasonde sind die Informationen der Steuerung des Elektromotors ausreichend, dass das Fahrzeug in Bewegung gesetzt wird und dass zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Erfassen des Auslöseereignisses der Verbrennungsmotor zugeschaltet werden soll. Das Zuschalten des Verbrennungsmotors erfolgt üblicherweise durch Algorithmen in dem Steuergerät, so dass es problemlos möglich ist, diese auszuwerten und die Lambdasonde gezielt zu einem fest definierten Zeitpunkt vor dem geplanten Motorstart wie oben beschrieben zu beheizen.

[0065] Bei beiden beschriebenen Ausführungsformen ist es daher möglich, in den geregelten Betrieb bei einem gewünschten Luft-Kraftstoff-Verhältnis, wie beispielsweise $\lambda = 1$, unmittelbar nach Aktivierung der Brennkraftmaschine überzugehen, da die Zeit verkürzt wird, die nach der Aktivierung der Brennkraftmaschine benötigt wird, die Lambdasonde auf ihre endgültige Betriebstemperatur zu erwärmen.

[0066] In [Fig. 3](#) ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **110** sowie eines erfindungsgemäßen Hybridantriebs **112** in einem schematischen Blockschaltbild dargestellt. Die Brennkraftmaschine **110** und der Hybridantrieb **112** können beispielsweise Bestandteile eines Antriebs eines Kraftfahrzeugs sein.

[0067] Die Brennkraftmaschine **110** weist einen Verbrennungsmotor **114** auf, welcher in [Fig. 3](#) auch mit VM bezeichnet ist und welcher beispielsweise einen Ottomotor und/oder einen Dieselmotor umfassen kann. Weiterhin weist die Brennkraftmaschine **110** einen Abgastrakt **116** auf, mit einem Abgasstrang **118** und einer in diesem Abgasstrang **118** angeordneten Abgasnachbehandlungsvorrichtung **120**, beispielsweise mindestens einem Katalysator. Vor und/oder hinter der Abgasnachbehandlungsvorrichtung **120** sind jeweils ein oder mehrere keramische Sensorelemente **122** angeordnet, beispielsweise eine oder mehrere Lambdasonden und/oder eine oder mehrere

NOx-Sensoren und/oder eine oder mehrere HC-Sensoren. Diese weisen jeweils mindestens ein, in [Fig. 3](#) nicht näher dargestelltes, Heizelement **124** auf. Für den Aufbau der keramischen Sensorelemente **122** kann beispielsweise auf den oben genannten Stand der Technik verwiesen werden.

[0068] Weiterhin weist der Hybridantrieb **112** eine Steuerung **126** auf, welche beispielsweise ganz oder teilweise in eine Motorsteuerung integriert sein kann und welche zentral oder auch dezentral ausgestaltet sein kann. Die Steuerung **126** des Hybridantriebs **112** kann, wie in [Fig. 3](#) dargestellt, gleichzeitig auch Bestandteil einer Steuerung der Brennkraftmaschine **110** sein, so dass die Steuerung **126** auch der Brennkraftmaschine **110** zugeordnet werden kann. Über eine oder mehrere Signalleitungen **128** kann das mindestens eine keramische Sensorelement **122** mit der Steuerung **126** verbunden sein. Die Signalleitungen **128** können weiterhin auch Energieversorgungen umfassen, beispielsweise zur Beaufschlagung der Heizelemente **124** mit elektrischer Energie. Der Verbrennungsmotor **114** kann über eine oder mehrere Steuerleitungen **130** mit der Steuerung **126** verbunden sein, so dass beispielsweise über die mindestens eine Steuerleitung **130** die Steuerung **126** die Brennkraftmaschine **110**, insbesondere den Betrieb des Verbrennungsmotors **114**, steuern und/oder regeln kann. So kann beispielsweise, wie aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt, eine Lambda-regelung erfolgen, also beispielsweise eine Regelung der Brennkraftmaschine **110** auf eine bestimmte Luftzahl. Auf diese Weise kann insbesondere ein optimaler Betrieb der Abgasnachbehandlungsvorrichtung **120** gewährleistet werden.

[0069] Der Hybridantrieb **112** weist weiterhin in dem in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsbeispiel mindestens einen elektrischen Antrieb **132** auf. Dieser elektrische Antrieb **132** kann, wie in [Fig. 3](#) dargestellt, mindestens einen Elektromotor **134** umfassen, welcher in [Fig. 3](#) auch mit EM bezeichnet ist. Weiterhin kann der elektrische Antrieb **132** mindestens einen elektrischen Energiespeicher **136** umfassen, beispielsweise mindestens einen Akkumulator. Ein Ladezustand des elektrischen Energiespeichers **136** kann über mindestens einen Ladezustandssensor **138** erfasst werden und beispielsweise über mindestens eine Signalleitung **140** an die Steuerung **126** kommuniziert werden.

[0070] Der elektrische Energiespeicher **136** versorgt, wie durch die Bezugsziffer **142** angedeutet, den elektrischen Antrieb **132** und insbesondere den Elektromotor **134** mit elektrischer Energie. Gleichzeitig kann der elektrische Energiespeicher **136** wiederaufladbar sein, beispielsweise direkt oder indirekt über die Brennkraftmaschine **110**, wie in [Fig. 3](#) durch die Bezugsziffer **144** angedeutet. Diese Aufladung **144** kann direkt erfolgen, beispielsweise über einen

oder mehrere Generatoren, und/oder indirekt, beispielsweise über den Elektromotor **134**. Verschiedene Ausgestaltungen sind denkbar.

[0071] Der Elektromotor **134** kann über eine oder mehrere Steuerleitungen **146** von der Steuerung **126** gesteuert und/oder geregelt werden. Beispielsweise kann über die Steuerleitungen **130**, **146** ein Ein- und/oder Ausschalten der Brennkraftmaschine **110** und/oder des elektrischen Antriebs **132** erfolgen.

[0072] Mittels der in [Fig. 3](#) exemplarisch dargestellten Brennkraftmaschine **110** und/oder des Hybridantriebs **112** lassen sich eines oder mehrere der oben beschriebenen Verfahren realisieren. Beispielsweise kann eine Aufheizung des Heizelements **124**, wie oben ausgeführt, über einen mittels des Ladezustandssensors **138** erfassten Ladezustand des elektrischen Energiespeichers **136** gesteuert werden. Für weitere mögliche Ausgestaltungen kann auf die obige Beschreibung verwiesen werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Konrad Reif (Hrsg.): Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 160–165 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (110), wobei die Brennkraftmaschine (110) mindestens ein keramisches Sensorelement (122) zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases der Brennkraftmaschine (110) aufweist, insbesondere mindestens eine Lambdasonde und/oder mindestens einen NOx-Sensor und/oder mindestens einen HC-Sensor, wobei das keramische Sensorelement (122) mindestens ein Heizelement (124) zum Erwärmen des keramischen Sensorelements (122) aufweist,

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst, vorzugsweise in der dargestellten Reihenfolge:

- a) Erfassen mindestens eines Auslöseereignisses zum Aktivieren des Heizelements (124) vor einem Aktivieren der Brennkraftmaschine (110),
- b) Aktivieren des Heizelements (124) zum Erwärmen des keramischen Sensorelements (122) mittels des Heizelements (124) in einem Vorheizbetrieb, und
- c) Aktivieren der Brennkraftmaschine (110).

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei in Schritt b) das Heizelement (124) auf mindestens eine vorbestimmte Temperatur erwärmt wird, wobei die vorbestimmte Temperatur eine Temperatur oberhalb einer Funktionsgrenze des keramischen Sensorelements (122) ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auslöseereignis von mindestens einem Sensor (138) erfasst wird.

4. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Sensor (138) das erfasste Auslöseereignis an eine Steuerung (126) der Brennkraftmaschine (110) übermittelt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Vorheizbetrieb bei Aktivierung der Brennkraftmaschine (110) beendet wird und ein Standardheizbetrieb aktiviert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei vor dem Aktivieren des Heizelements (124) ein Vorliegen mindestens einer Randbedingung überprüft wird, wobei die Randbedingung ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus:

- einer Bedingung betreffend einen Status einer elektrischen Energiequelle, insbesondere eines elektrischen Energiespeichers (136);
- einer Umgebungsbedingung in einem Abgassystem (116) der Brennkraftmaschine (110), insbesondere einem Vorliegen von Umgebungsbedingungen, bei denen die Aktivierung des Heizelements (124) zerstörungsfrei erfolgen kann, insbesondere einer Umgebungsbedingung ausgewählt aus: einer Temperatur des Abgases, einer Temperatur der Brennkraftmaschine (110), einer Temperatur des Abgas-

systems (116), einer Kondenswassermenge in dem Abgassystem (116).

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Heizelement (124) nur aktiviert wird, wenn eine Temperatur der Brennkraftmaschine (110), insbesondere eine Temperatur in einem Abgasrohr (118) der Brennkraftmaschine (110), einen vorbestimmten Schwellwert erreicht oder überschreitet.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Brennkraftmaschine (110) Bestandteil eines Hybridantriebs (112) ist und das Auslöseereignis ein Signal ist, das anzeigt, dass zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach Erfassen des Auslöseereignisses die Brennkraftmaschine (110) aktiviert wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Brennkraftmaschine (110) Bestandteil eines Hybridantriebs (112) ist, insbesondere eines Hybridantriebs (112) eines Kraftfahrzeugs, wobei der Hybridantrieb (112) neben der Brennkraftmaschine (110) mindestens einen elektrischen Antrieb (132) mit mindestens einem elektrischen Energiespeicher (136) aufweist, wobei das Auslöseereignis einen Eintritt mindestens einer vorgegebenen Bedingung eines Ladezustands des elektrischen Energiespeichers (136) umfasst.

10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Auslöseereignis ein Absinken des Ladezustands auf eine vorgegebene Ladezustandsschwelle S_1 oder unter eine vorgegebene Ladezustandsschwelle S_1 ist.

11. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei weiterhin mindestens eine zweite Ladezustandsschwelle S_2 vorgegeben ist, wobei $S_1 > S_2$, wobei bei einem weiteren Absinken des Ladezustands auf die Ladezustandsschwelle S_2 oder unter die Ladezustandsschwelle S_2 die Brennkraftmaschine (110) gestartet wird.

12. Betriebsverfahren zum Betrieb eines Hybridantriebs (112), insbesondere eines Hybridantriebs (112) eines Kraftfahrzeugs, wobei der Hybridantrieb (112) mindestens eine Brennkraftmaschine (110) und mindestens einen elektrischen Antrieb (132) aufweist, wobei die Brennkraftmaschine (110) mittels eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche betrieben wird.

13. Brennkraftmaschine (110), umfassend mindestens ein keramisches Sensorelement (122) zur Erfassung mindestens eines Parameters eines Abgases der Brennkraftmaschine (110), weiterhin umfassend mindestens eine Steuerung (126), wobei die Steue-

zung (**126**) eingerichtet ist, um ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

14. Hybridantrieb (**112**), insbesondere zum Einsatz in einem Kraftfahrzeug, umfassend mindestens eine Brennkraftmaschine (**110**) nach dem vorhergehenden Anspruch, weiterhin umfassend mindestens einen elektrischen Antrieb (**132**) mit mindestens einem elektrischen Energiespeicher (**136**).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

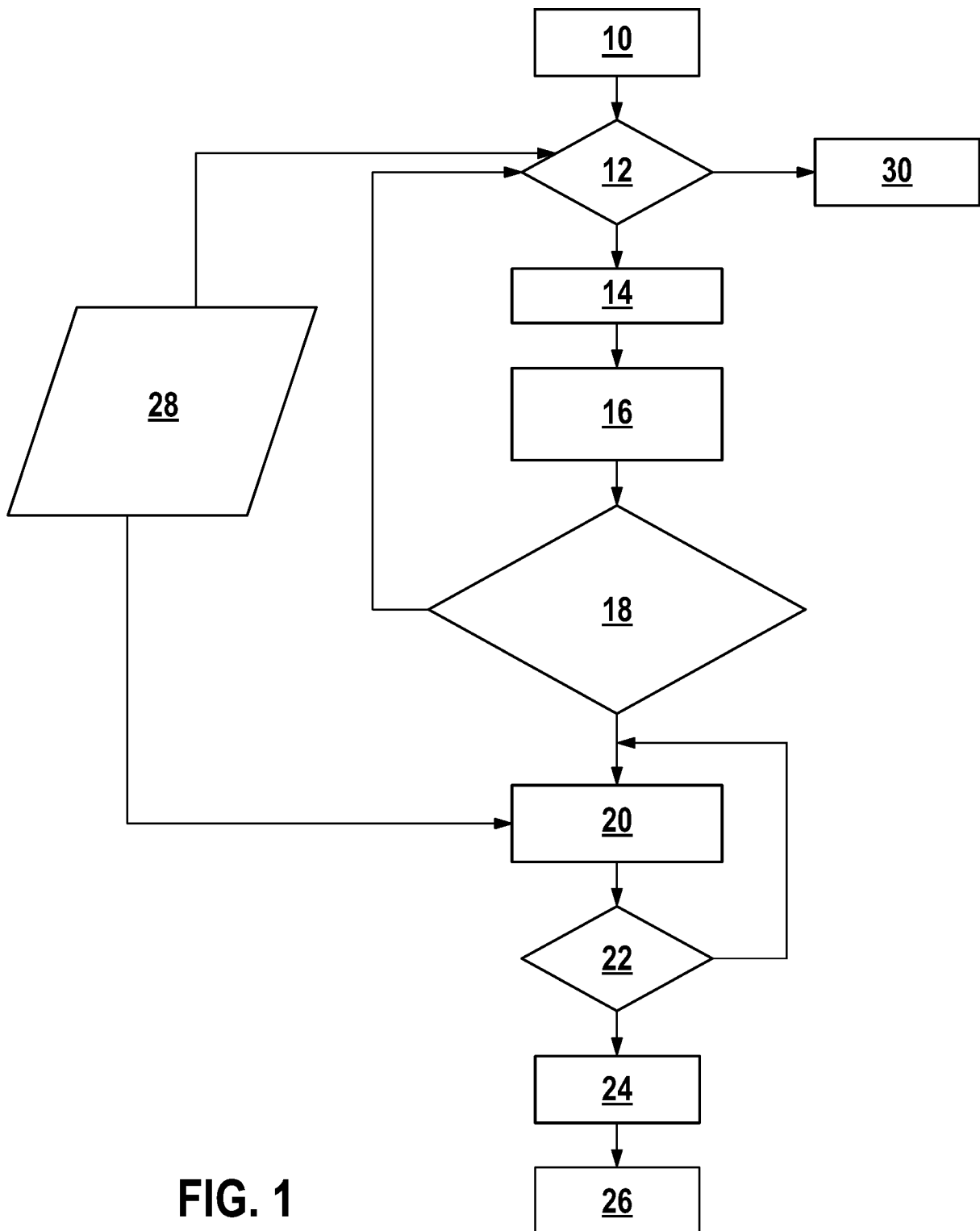


FIG. 1

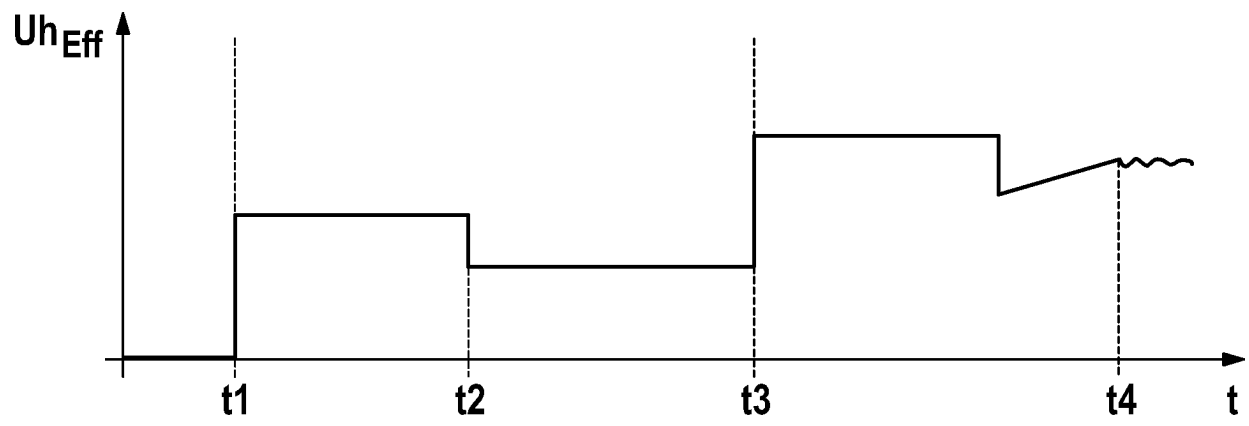


FIG. 2

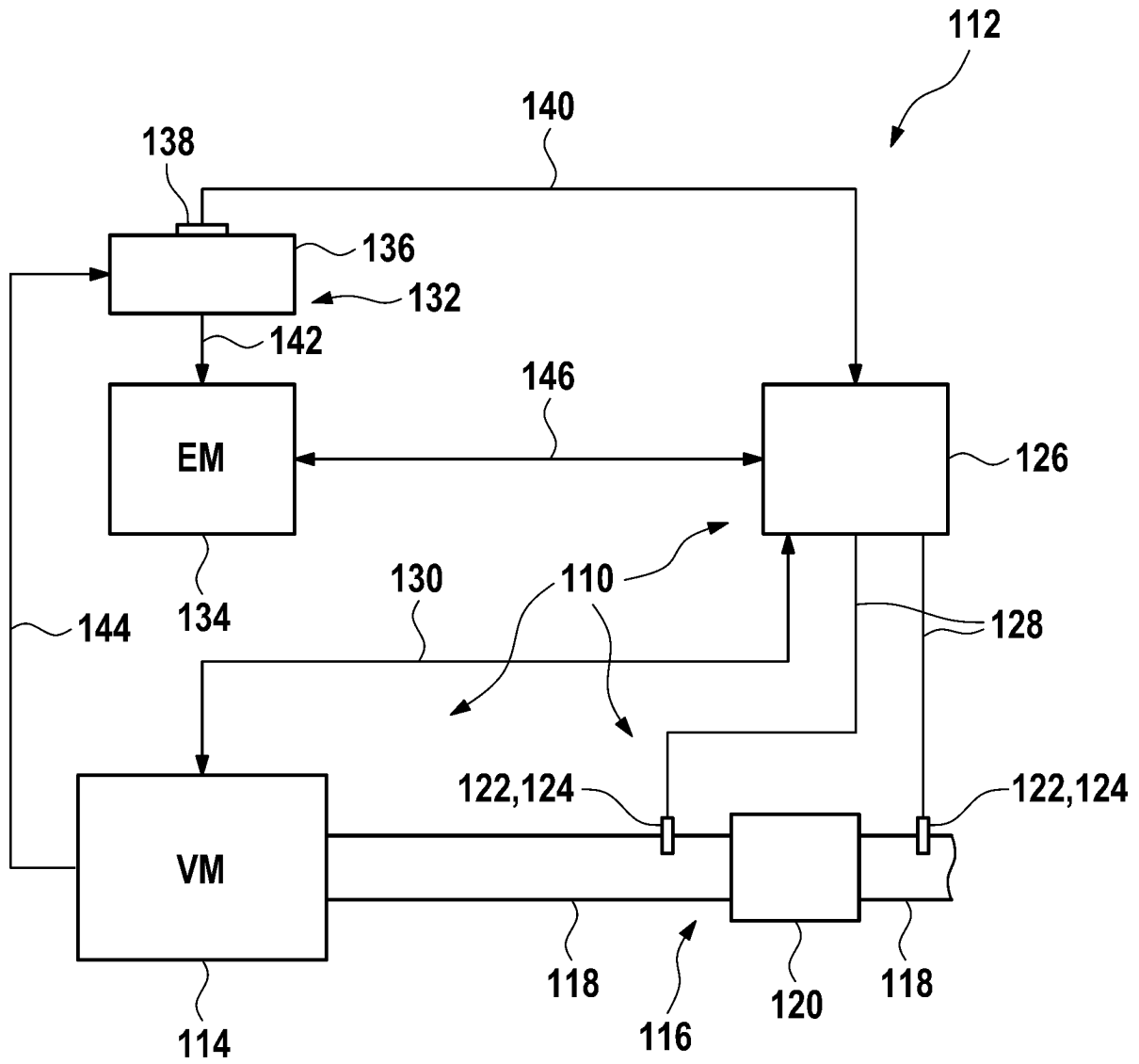


FIG. 3