

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50640/2016 (51) Int. Cl.: **F01K 23/06** (2006.01)  
 (22) Anmeldetag: 18.07.2016 **F02G 5/02** (2006.01)  
 (45) Veröffentlicht am: 15.11.2017 **G01M 3/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
 AT 516615 B1  
 DE 102012221153 A1  
 JP 2010156314 A  
 DE 10207984 A1

(73) Patentinhaber:  
 AVL List GmbH  
 8020 Graz (AT)  
 FPT INDUSTRIAL S.P.A  
 10156 Torino (IT)  
 IVECO S.P.A.  
 10156 Torino (IT)

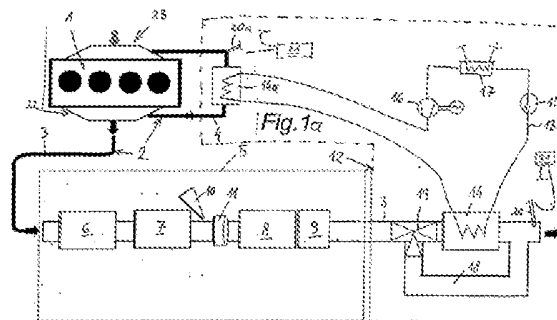
(72) Erfinder:  
 Glensvig Michael Dipl.Ing.  
 8010 Graz (AT)  
 Mahler Susanne Dipl.Ing. Dr.  
 8101 Gratkorn (AT)  
 Thaler Markus Dipl.Ing. Dr.  
 8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
 BABELUK M. DIPL. ING. MAG.  
 WIEN

(54) **VERFAHREN ZUR ERKENNUNG EINER UNDICHTEN STELLE IN EINEM WÄRMERÜCKGEWINNUNGSSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (12; 12a) einer Brennkraftmaschine (1) eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (12) zumindest ein insbesondere brennbares Arbeitsmedium und einen Arbeitsmediumkreis (13; 13a) mit zumindest einem Verdampfer (14; 14a), einer Pumpe (15; 15a) und zumindest einer Expansionsmaschine (16; 16a) aufweist, wobei der Verdampfer (14; 14a) vom Abgas der Brennkraftmaschine (1) durchströmt wird.

Um auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im Verdampfer (14, 14a) des Wärmerückgewinnungssystems (12) frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können, ist vorgesehen, dass zumindest ein NH<sub>3</sub>-Sensor (20; 20a) im Abgasströmungsweg (2) stromabwärts des Verdampfers (14; 14a) angeordnet wird und mit diesem NH<sub>3</sub>-Sensor (20; 20a) das Abgas im Abgasströmungsweg (2) gemessen wird, wobei bei Auftreten zumindest eines abnormal hohen NH<sub>3</sub>-Messwertes - vorzugsweise nach Durchführen einer Plausibilitätsprüfung - auf eine Undichtheit des Verdampfers (14; 14a) geschlossen wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem zumindest ein insbesondere brennbares Arbeitsmedium und einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einem Verdampfer, einer Pumpe und zumindest einer Expansionsmaschine aufweist, wobei der Verdampfer vom Abgas der Brennkraftmaschine durchströmt wird. Weiters betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine mit einem Wärmerückgewinnungssystem, welches zumindest ein insbesondere brennbares Arbeitsmedium und einen Arbeitsmediumkreis mit zumindest einem Verdampfer, einer Pumpe und zumindest einer Expansionsmaschine aufweist, wobei der Verdampfer stromabwärts eines SCR-Katalysators im Abgasströmungsweg der Brennkraftmaschine angeordnet ist, zur Durchführung dieses Verfahrens.

**[0002]** Beim Betrieb eines Systems zur Wärmerückgewinnung mit einem brennbaren Arbeitsmedium in Verbindung mit einer Brennkraftmaschine und einem Verdampfer, insbesondere einem EG-Verdampfer (EGR-Verdampfer: EGR = Exhaust Gas Recirculation) ist das Erkennen von Undichtheiten im System von hoher Priorität. Leckagen in einem Wärmerückgewinnungssystem können unter anderem zu folgenden kritischen Szenarien führen:

- [0003]** • Austritt des Arbeitsmediums in die Umgebung - führt zu Brandgefahr bei Verwendung eines brennbaren Arbeitsmediums wie beispielsweise Ethanol.
- [0004]** • Eintritt des brennbaren Arbeitsmediums in die Brennkraftmaschine - verursacht Schaden, wenn zum Beispiel das Arbeitsmedium über einen EGR-Verdampfer in den Brennraum gelangt.
- [0005]** • Überhitzung von Systemkomponenten durch zu geringen Füllstand des Arbeitsmediums - kann zum Beispiel zu Überhitzung des Abgasverdampfers bei zu geringem Arbeitsmedienmassenstrom führen.

**[0006]** Zur Feststellung einer Leckage in einem Wärmerückgewinnungssystem sind beispielsweise folgende Verfahren bekannt:

- [0007]** • Überwachung des Füllstandes des Arbeitsmediums im Ausgleichsbehälter mittels eines Füllstandssensors. Bei zu geringem Füllstand wird auf eine Undichtheit geschlossen.
- [0008]** • Dichtheitsprüfung durch unter Druck setzen des deaktivierten, kalten Systems und anschließendes Beobachten des Druckgradientens. Ein zu rascher Druckabfall deutet auf eine Undichtheit hin.
- [0009]** • Messen der elektrischen Leitfähigkeit der Isolierung des Wärmerückgewinnungssystems. Eine Änderung der Leitfähigkeit ist ein Anzeichen für eine Undichtheit.

**[0010]** Die US 6,526,358 B1 beschreibt beispielsweise ein Verfahren zur Erkennung von Lecks und Blockaden in einem Fluidkreislauf, wobei Druck, Temperatur und Durchflussrate an verschiedenen Stellen des Kreislaufs gemessen und in Beziehung gesetzt werden.

**[0011]** Die JP 2010-156314 A offenbart ein Wärmerückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine wobei zur Leckage-Detektion O<sub>2</sub>-Sensoren im Kühlmittelkreis des Wärmerückgewinnungssystems angeordnet sind.

**[0012]** Bekannte Verfahren haben den Nachteil, dass sie entweder nur im deaktivierten Zustand des Fahrzeuges durchgeführt werden können und/oder dass Einrichtungen wie zusätzliche Sensoren erforderlich sind.

**[0013]** Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise Undichtheiten im Verdampfer eines Wärmerückgewinnungssystems frühzeitig und zuverlässig erkennen zu können.

**[0014]** Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch, dass zumindest ein NH<sub>3</sub>-Sensor im Abgasströmungsweg stromabwärts des Verdampfers angeordnet wird und mit diesem NH<sub>3</sub>-Sensor das Abgas - vorzugsweise im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine - gemessen wird, wobei bei

Auftreten zumindest eines abnormal hohen  $\text{NH}_3$ -Messwertes - vorzugsweise nach Durchführen einer Plausibilitätsprüfung - auf eine Undichtheit des Verdampfers geschlossen wird. Der bei einem SCR-Katalysator ohnehin standardmäßig vorgesehene  $\text{NH}_3$ -Sensor wird also an einer Stelle im Abgasströmungsweg platziert, welche stromabwärts einer möglicherweise auftretenden Leckage des Verdampfers des Wärmerückgewinnungssystems liegt. Unter Leckage ist eine Undichtheit zu verstehen, wobei das Arbeitsmedium unkontrolliert aus dem Verdampfer entweicht.

**[0015]** Voraussetzung für eine Aussage über die Dichtheit des Wärmerückgewinnungssystems ist, dass der  $\text{NH}_3$ -Sensor auf ein aus dem Verdampfer austretendes Arbeitsmedium anspricht. Um dies zu erreichen wird als Arbeitsmedium eine chemische Substanz gewählt oder es wird dem Arbeitsmedium eine chemische Substanz beigesetzt, auf welche der  $\text{NH}_3$ -Sensor reagiert, wobei vorzugsweise der  $\text{NH}_3$ -Sensor in Bezug auf diese Substanz eine Querempfindlichkeit aufweist. Unter Querempfindlichkeit wird im Allgemeinen die Empfindlichkeit eines Sensors auf andere Größen als die zu messende Größe verstanden, wodurch es zu Verfälschungen im Messergebnis kommen kann. Im vorliegenden Fall bedeutet Querempfindlichkeit des  $\text{NH}_3$ -Sensors, dass dieser eine Empfindlichkeit auf andere chemische Substanzen als Ammoniak aufweist. Es ist beispielsweise bekannt, dass  $\text{NH}_3$ -Sensoren eine Querempfindlichkeit in Bezug auf  $\text{NO}_x$ , insbesondere  $\text{NO}_2$  aufweisen.

**[0016]** Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass  $\text{NH}_3$ -Sensoren auch eine deutliche Querempfindlichkeit gegenüber weiteren chemischen Stoffen wie etwa Ethanol aufweist, welches üblicherweise als Arbeitsmedium Verwendung findet. Die vorliegende Erfindung macht sich in einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung die Tatsache zunutze, dass  $\text{NH}_3$ -Sensoren nicht nur auf Ammoniak, sondern auch zum Beispiel auf Ethanol reagieren. Somit kann auf eine Leckage des Wärmerückgewinnungssystems geschlossen werden, wenn ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird. Abnormal bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der festgestellte  $\text{NH}_3$ -Messwert höher ist, als ein dem momentanen Betriebspunkt entsprechender Wert erlauben würde. Um dies zu verifizieren oder falsifizieren, wird vorteilhafterweise in Bezug auf den festgestellten  $\text{NH}_3$ -Messwert eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Ist der Verdampfer stromabwärts eines SCR-Katalysators angeordnet, so beinhaltet die Plausibilitätsprüfung, ob der erhöhte  $\text{NH}_3$ -Messwert der Einspritzung eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives geschuldet werden kann.

**[0017]** Ein SCR-Katalysator (SCR=Selective Catalytic Reduction) im Abgasstrang einer Brennkraftmaschine dient der Reduktion von bei der Verbrennung auftretenden Stickoxiden. Für die Reaktion wird beispielsweise  $\text{NH}_3$  benötigt, welches dem Abgas stromaufwärts des SCR-Katalysators in Form einer wässrigen Harnstofflösung beigemischt wird. Die Produkte der Reaktion sind  $\text{H}_2\text{O}$  (Wasser) und  $\text{N}_2$  (Stickstoff). Zur Regelung der exakten Dosierung der Harnstofflösung ist üblicherweise stromabwärts des SCR-Katalysators im Abgasstrang zumindest ein  $\text{NH}_3$ -Sensor verbaut. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist dieser  $\text{NH}_3$ -Sensor nicht - wie üblich - unmittelbar nach dem SCR-Katalysator oder einem dem SCR-Katalysator eventuell nachgeschalteten Ammoniak-Sperrkatalysator (ASC), sondern erst stromabwärts eines nach dem SCR-Katalysator bzw. Ammoniak-Sperrkatalysator angeordneten Verdampfers des Abwärmerückgewinnungssystems angeordnet. Der Sperrkatalysator dient dazu um gegebenenfalls überschüssiges  $\text{NH}_3$  stromabwärts des SCR-Speicherkatalysators 8 zu vermindern bzw. zu entfernen, wobei Ammoniak zu  $\text{N}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  oxidiert wird.

**[0018]** Um Einflüsse der Abgasnachbehandlung auf den erhöhten  $\text{NH}_3$ -Messwert ausschließen zu können, ist gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante vorgesehen, dass im normalen Motorbetrieb der Brennkraftmaschine, bei Auftreten eines abnormal hohen Messwertes eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt wird, indem die Einspritzmenge eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators - vorzugsweise unter Verwendung eines geschlossenen Regelkreises - reduziert oder gestoppt wird, und untersucht wird, ob nach Ablauf einer definierten ersten Wartezeit eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt, und falls weiterhin ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird, auf eine Undichtheit des Verdampfers geschlossen wird.

**[0019]** Alternativ oder zusätzlich zur Leckage Untersuchung im Motorbetrieb kann auch gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung vorgesehen sein, dass im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine die Einspritzung eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators reduziert oder gestoppt wird, und untersucht wird, ob nach Ablauf einer definierten zweiten Wartezeit eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt, und falls weiterhin ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird, auf eine Undichtheit des Verdampfers geschlossen wird.

**[0020]** Die erste und/oder zweite Wartezeit sollte beispielsweise zumindest 30 bis 60 Sekunden betragen, damit sich ein Reaktionsgleichgewichtszustand einstellen kann.

**[0021]** Alternativ oder zusätzlich zu einem Verdampfer im Abgasstrang stromabwärts des SCR-Katalysators kann in einer Abgasrückführleitung ein (weiterer) Verdampfer des Abwärmerückgewinnungssystems angeordnet sein. In diesem Fall können in den meisten Fällen bei Feststellen eines abnormal erhöhten  $\text{NH}_3$ -Messwertes andere Ursachen als eine Leckage des Verdampfers ausgeschlossen werden.

**[0022]** Die Feststellung einer Leckage des zweiten Verdampfers kann - beispielsweise im Schubbetrieb - ebenfalls durch den stromabwärts des ersten Verdampfers angeordneten ersten  $\text{NH}_3$ -Sensor im Abgasstrang erfolgen, vorausgesetzt, dass das an der Leckagestelle des zweiten Verdampfers austretende Arbeitsmedium des Arbeitsmediumkreises nicht innerhalb der Brennräume oder im Abgasnachbehandlungssystem eine chemische Reaktion eingeht, dessen Endprodukt durch den  $\text{NH}_3$ -Sensor nicht mehr erfasst werden kann. Um dieses Risiko auszuschließen, kann in Weiterführung der Erfindung vorgesehen sein, dass ein zweiter  $\text{NH}_3$ -Sensor stromabwärts des zweiten Verdampfers in der Abgasrückführleitung angeordnet ist, über welchen Leckagen des zweiten Verdampfers direkt festgestellt werden können.

**[0023]** Ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert liegt beispielsweise dann vor, wenn der durchschnittliche  $\text{NH}_3$ -Messwert über 10 ppm liegt.

**[0024]** Wenn unzweifelhaft eine Undichtheit des Verdampfers festgestellt wird, kann ein entsprechendes Warnsignal an den Fahrer ausgegeben und/oder ein entsprechender Eintrag im Fehlercode im On-Board-Diagnosesystem eingetragen werden.

**[0025]** Die Erfindung wird im Folgenden an Hand eines in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin zeigen:

**[0026]** Fig. 1a schematisch eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer ersten Ausführungsvariante,

**[0027]** Fig. 1b schematisch eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer zweiten Ausführungsvariante,

**[0028]** Fig. 2 und 3 einen zeitlichen Verlauf der Last und der  $\text{NH}_3$ -Messwerte für ein leckagefreies Wärmerückgewinnungssystem und

**[0029]** Fig. 4 und 5 einen zeitlichen Verlauf der Last und der  $\text{NH}_3$ -Messwerte für ein leckagebehaftetes Wärmerückgewinnungssystem, bei Anwendung der vorliegenden Erfindung.

**[0030]** Die Fig. 1a und 1b zeigen jeweils eine Brennkraftmaschine 1 mit Abgasströmungswegen 2, welche durch einen Abgasstrang 3 und eine Abgasrückführleitung 4 gebildet sind. Die Abgasrückführleitung 4 dient zur externen Abgasrückführung zwischen Auslasssystem 22 und Einlasssystem 23 der Brennkraftmaschine 1.

**[0031]** Im Abgasstrang 3 ist eine Abgasnachbehandlungseinrichtung 5 angeordnet, welches im Ausführungsbeispiel einen Diesel-Oxidationskatalysator 6, einen Diesel-Partikelfilter 7, einen SCR-Katalysator 8 und einen Sperrkatalysator 9 aufweist. Stromaufwärts des SCR-Katalysators 8 kann ein  $\text{NH}_3$ -haltiges Additiv über eine Einspritzeinrichtung 10 zugeführt werden. Ein Mischer 11 dient zum Mischen und Verdampfen des eingespritzten Additivs im Abgasstrom.

**[0032]** Zur Rückgewinnung der Abgasabwärme ist ein Wärmerückgewinnungssystem 12 mit einem geschlossenen Arbeitsmediumkreis 13 für ein Arbeitsmedium, beispielsweise Ethanol,

vorgesehen, welches zumindest einen ersten Verdampfer 14, eine Pumpe 15 und zumindest eine Expansionsmaschine 16 aufweist. Mit Bezugszeichen 17 ist ein Kondensator bezeichnet. Zur abgasseitigen Umgehung des ersten Verdampfers 14 ist eine Umgehungsleitung 18 vorgesehen, welche stromaufwärts des ersten Verdampfers 14 vom Abgasstrang 3 abzweigt und stromabwärts des ersten Verdampfers 14 wieder in den Abgasstrang 3 einmündet. Mit Bezugszeichen 19 ist ein beispielsweise durch eine Umschaltklappe gebildetes Steuerorgan zum Umschalten der Abgasströmung zwischen den Strömungsweg durch den ersten Verdampfer 14 und die Umgehungsleitung 18 bezeichnet.

**[0033]** Optional kann ein zweiter Verdampfer 14a in der Abgasrückführleitung 4 vorgesehen sein, welcher stromaufwärts oder stromabwärts des ersten Verdampfers 14 in den Arbeitsmediumkreis 13 des Wärmerückgewinnungssystems 12 eingebunden sein kann. Bei der in Fig. 1a dargestellten ersten Ausführungsvariante ist der zweite Verdampfer 14a stromabwärts des ersten Verdampfers 14 in den Arbeitsmediumkreis 13 eingebunden. Alternativ dazu kann der zweite Verdampfer 14a aber auch in einen eine zweite Pumpe 15a, eine zweite Expansionsmaschine 16a und einen zweiten Kondensator 17a aufweisenden zweiten Arbeitsmediumkreis 13a des Wärmerückgewinnungssystems 12 angeordnet sein, wie in Fig. 1b gezeigt ist.

**[0034]** Stromabwärts des ersten Verdampfers 14 ist im Abgasstrang 3 ein  $\text{NH}_3$ -Sensor 20 angeordnet. Ein weiterer  $\text{NH}_3$ -Sensor 20a kann stromabwärts des zweiten Verdampfers 20a in der Abgasrückführleitung 4 angeordnet sein. Die  $\text{NH}_3$ -Sensoren 20, 20a stehen mit einer Steuer- und/oder Auswerteeinheit 21 in Verbindung.

**[0035]** Die  $\text{NH}_3$ -Sensoren 20, 20a weisen jeweils eine Querempfindlichkeit zu dem Arbeitsmedium - im vorliegenden Fall also zu Ethanol -, bzw. zu einer Komponente des Arbeitsmediums auf. Dies bedeutet, dass die  $\text{NH}_3$ -Sensoren nicht nur  $\text{NH}_3$ -Messwerte durch tatsächlich im Abgas enthaltenen Ammoniak, sondern auch durch die die Querempfindlichkeit initiiierende Substanz erfassen. Kommt es zu einer Leckage im Bereich des Verdampfers 14 bzw. 14a, so schlägt sich dies also in den ausgegebenen erhöhten  $\text{NH}_3$ -Messwerten der  $\text{NH}_3$ -Sensoren 20 bzw. 20a nieder.

**[0036]** Bei Auftreten eines abnormal hohen  $\text{NH}_3$ -Messwertes des ersten  $\text{NH}_3$ -Sensors 20 während des normalen Motorbetriebes der Brennkraftmaschine 1 wird dieser  $\text{NH}_3$ -Messwert einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, indem die Einspritzmenge des  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives durch die Einspritzeinrichtung 10 stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators 8 beispielsweise unter Verwendung eines geschlossenen Regelkreises - reduziert oder gestoppt wird, und untersucht wird, ob nach Ablauf einer definierten ersten Wartezeit (zum Beispiel 30 bis 60 Sekunden) eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt. Wenn weiterhin ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird, kann auf eine Undichtheit am ersten Verdampfer 14 geschlossen werden.

**[0037]** Alternativ zum Motorbetrieb kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Erkennen einer undichten Stelle im Wärmerückgewinnungssystem 12 auch während des Schubbetriebes bzw. beim Umschalten vom Motorbetrieb auf Schubbetrieb durchgeführt werden. Dabei wird im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine 1 die Einspritzung eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators 8 gestoppt und untersucht, ob nach Ablauf einer definierten zweiten Wartezeit von beispielsweise 30 bis 60 Sekunden eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt. Wenn keine wesentliche Verminderung des  $\text{NH}_3$ -Messwertes festzustellen ist, kann auf eine Undichtheit am ersten 14 geschlossen werden. Kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein aus dem zweiten Verdampfer 14a eventuell austretendes Arbeitsmedium in der Brennkraftmaschine 1 oder im Abgasnachbehandlungssystem 5 eliminiert oder chemisch verändert wird, so ist es vorteilhaft, einen zweiten  $\text{NH}_3$ -Sensor 20a unmittelbar stromabwärts des zweiten Verdampfers 14a in der Abgasrückführleitung 4 einzusetzen, über welchen Leckagen des zweiten Verdampfers 14a direkt erfasst werden können.

**[0038]** Die Fig. 2 und 3 zeigen einen zeitlichen Verlauf der Last L und der  $\text{NH}_3$ -Messwerte für ein leckagefreies Wärmerückgewinnungssystem 12 während einer Umschaltung der Brennkraftmaschine 1 auf Schubbetrieb. Üblicherweise wird während des Schubbetriebs die Einsprit-

zung des  $\text{NH}_3$ -Additivs gestoppt. Deutlich ist erkennbar, dass der gemessene  $\text{NH}_3$ -Messwert des ersten  $\text{NH}_3$ -Sensors 20 sich drastisch vermindert - es liegt somit keine Leckage vor.

**[0039]** Die Fig. 4 und 5 zeigen dagegen eine Umschaltung auf Schubetrieb, wenn eine Leckage im ersten Verdampfer 14 vorliegt. In diesem Fall kommt es zu keiner Verminderung des  $\text{NH}_3$ -Messwertes. Im Gegenteil - auf Grund der unveränderten Leckage und des geringeren Gasdurchsatzes durch den Abgasströmungsweg im Schubetrieb kann es sogar noch zu einer Steigerung des  $\text{NH}_3$ -Messwertes kommen, wie die strichlierte Linie zeigt. In diesem Fall kann eindeutig auf eine Leckage des Verdampfers 14 geschlossen und eine entsprechende Leckagewarnung an den Fahrer ausgegeben werden.

**[0040]** Der Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, dass keine zusätzlichen aufwändigen Leckagedetektoren verbaut werden müssen. Im Idealfall kann ein bereits serienmäßig im Abgasstrang angeordneter  $\text{NH}_3$ -Sensor 14 - allerdings an einer Stelle stromabwärts des Verdampfers im Abgasströmungsweg 2 - verwendet werden, um zuverlässige Leckageuntersuchungen durchzuführen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung einer undichten Stelle in einem Wärmerückgewinnungssystem (12) einer Brennkraftmaschine (1) eines Kraftfahrzeugs, wobei das Wärmerückgewinnungssystem (12; 12a) zumindest ein insbesondere brennbares Arbeitsmedium und einen Arbeitsmediumkreis (13; 13a) mit zumindest einem Verdampfer (14; 14a), einer Pumpe (15; 15a) und zumindest einer Expansionsmaschine (16; 16a) aufweist, wobei der Verdampfer (14; 14a) vom Abgas der Brennkraftmaschine (1) durchströmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) im Abgasströmungsweg (2) stromabwärts des Verdampfers (14; 14a) angeordnet wird und mit diesem  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) das Abgas im Abgasströmungsweg (2) gemessen wird, wobei beim Auftreten zumindest eines abnormal hohen  $\text{NH}_3$ -Messwertes - vorzugsweise nach Durchführen einer Plausibilitätsprüfung - auf eine Undichtheit des Verdampfers (14; 14a) geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Arbeitsmedium eine chemische Substanz gewählt wird, auf welche der  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) reagiert, vorzugsweise zu welcher der  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) eine Querempfindlichkeit aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Motorbetrieb der Brennkraftmaschine (1) bei Auftreten eines abnormal hohen  $\text{NH}_3$ -Messwertes eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt wird, indem die Einspritzmenge eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators (8) - vorzugsweise unter Verwendung eines geschlossenen Regelkreises - reduziert oder gestoppt wird, und untersucht wird, ob nach Ablauf einer definierten ersten Wartezeit eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt, und falls weiterhin ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird, auf eine Undichtheit des Verdampfers (14) geschlossen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine (1) die Einspritzung eines  $\text{NH}_3$ -haltigen Additives stromaufwärts des SCR-Speicherkatalysators (8) reduziert oder gestoppt wird, und untersucht wird, ob nach Ablauf einer definierten zweiten Wartezeit eine wesentliche Verminderung der gemessenen  $\text{NH}_3$ -Konzentration eintritt, und - falls weiterhin ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird - auf eine Undichtheit des Verdampfers (14) geschlossen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein abnormal hoher  $\text{NH}_3$ -Messwert festgestellt wird, wenn der durchschnittliche  $\text{NH}_3$ -Messwert über 10 ppm liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder zweite Wartezeit zumindest 30 bis 60 Sekunden beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass - wenn eine Undichtheit des Verdampfers (14; 14a) festgestellt wird - ein entsprechendes Warnsignal ausgegeben wird.
8. Brennkraftmaschine, mit einem Wärmerückgewinnungssystem (12), welches zumindest ein insbesondere brennbares Arbeitsmedium und einen Arbeitsmediumkreis (13) mit zumindest einem Verdampfer (14; 14a), einer Pumpe (15) und zumindest einer Expansionsmaschine (16) aufweist, wobei der Verdampfer (14; 14a) in einem Abgasströmungsweg (2) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) stromabwärts zumindest eines im Abgasströmungsweg (2) angeordneten Verdampfers (14; 14a) angeordnet ist und mit diesem  $\text{NH}_3$ -Sensor (20; 20a) das Abgas im Abgasströmungsweg (2) der Brennkraftmaschine (1) messbar ist, wobei der  $\text{NH}_3$  Sensor (20; 20a) mit einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit (21) verbunden ist.

9. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Verdampfer (14) in einem den Abgasströmungsweg (2) bildenden Abgasstrang (3) der Brennkraftmaschine (1) stromabwärts eines SCR-Katalysators (8) angeordnet ist, wobei ein erster  $\text{NH}_3$ -Sensor (20) stromabwärts des ersten Verdampfers (14) im Abgasstrang (3) angeordnet ist, und wobei vorzugsweise zwischen dem SCR-Katalysator (8) und dem ersten Verdampfer (14) ein Sperrkatalysator (9) für  $\text{NH}_3$  angeordnet ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Verdampfer (14) durch eine Umgehungsleitung (18) umgehbar ist, welche stromaufwärts des ersten Verdampfers (14) vom Abgasstrang (3) abzweigt und stromabwärts des ersten Verdampfers (14) wieder in den Abgasstrang (3) einmündet, wobei vorzugsweise der erste  $\text{NH}_3$ -Sensor (20) stromabwärts der Mündung der Umgehungsleitung (18) in den Abgasstrang (3) angeordnet ist.
11. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zweiter Verdampfer (14a) in einer den Abgasströmungsweg (2) bildenden Abgasrückführleitung (4) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist, wobei vorzugsweise ein zweiter  $\text{NH}_3$ -Sensor (20a) stromabwärts des zweiten Verdampfers (14a) in der Abgasrückführleitung (4) angeordnet ist.

**Hierzu 3 Blatt Zeichnungen**



**Fig. 1a**

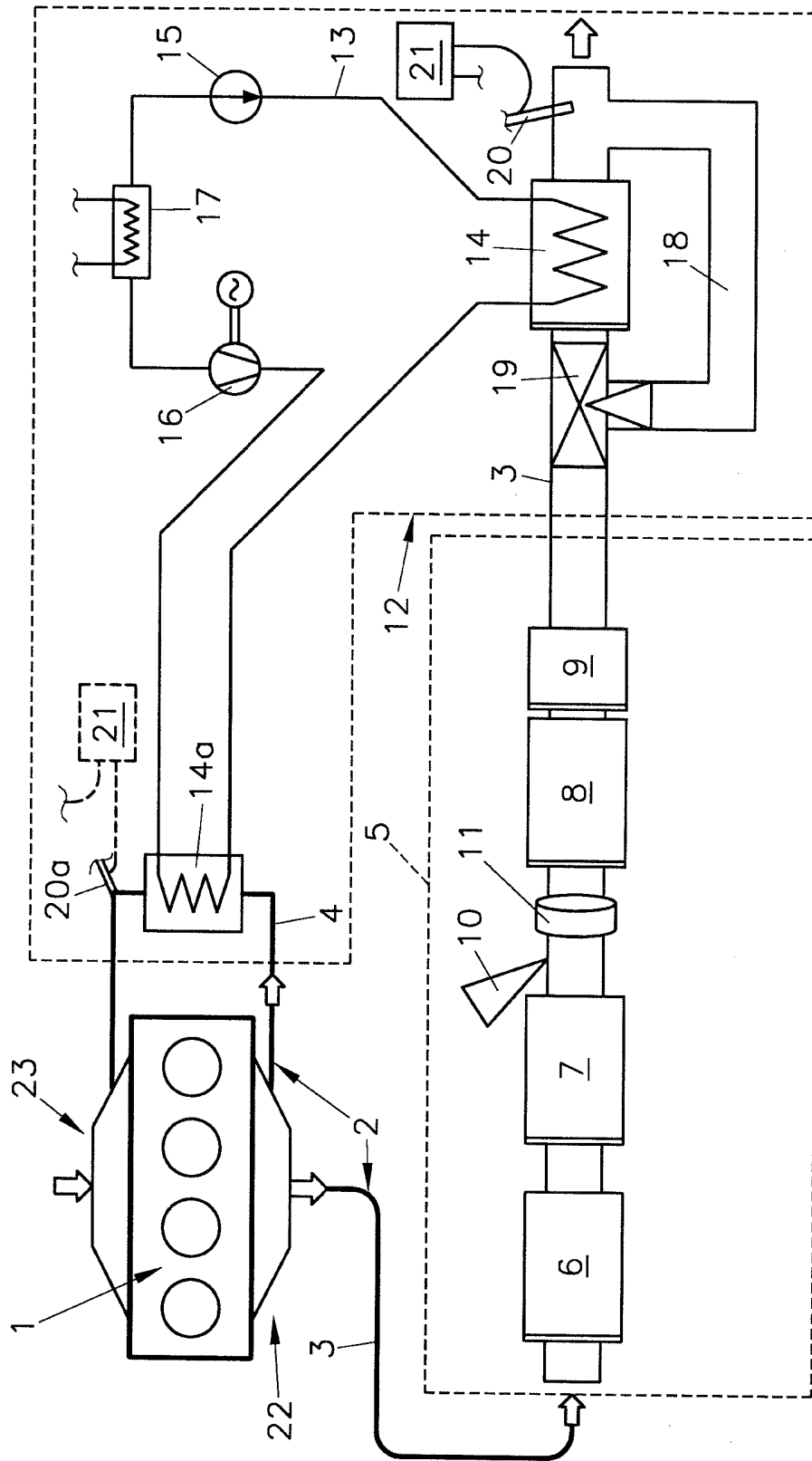


Fig. 1b

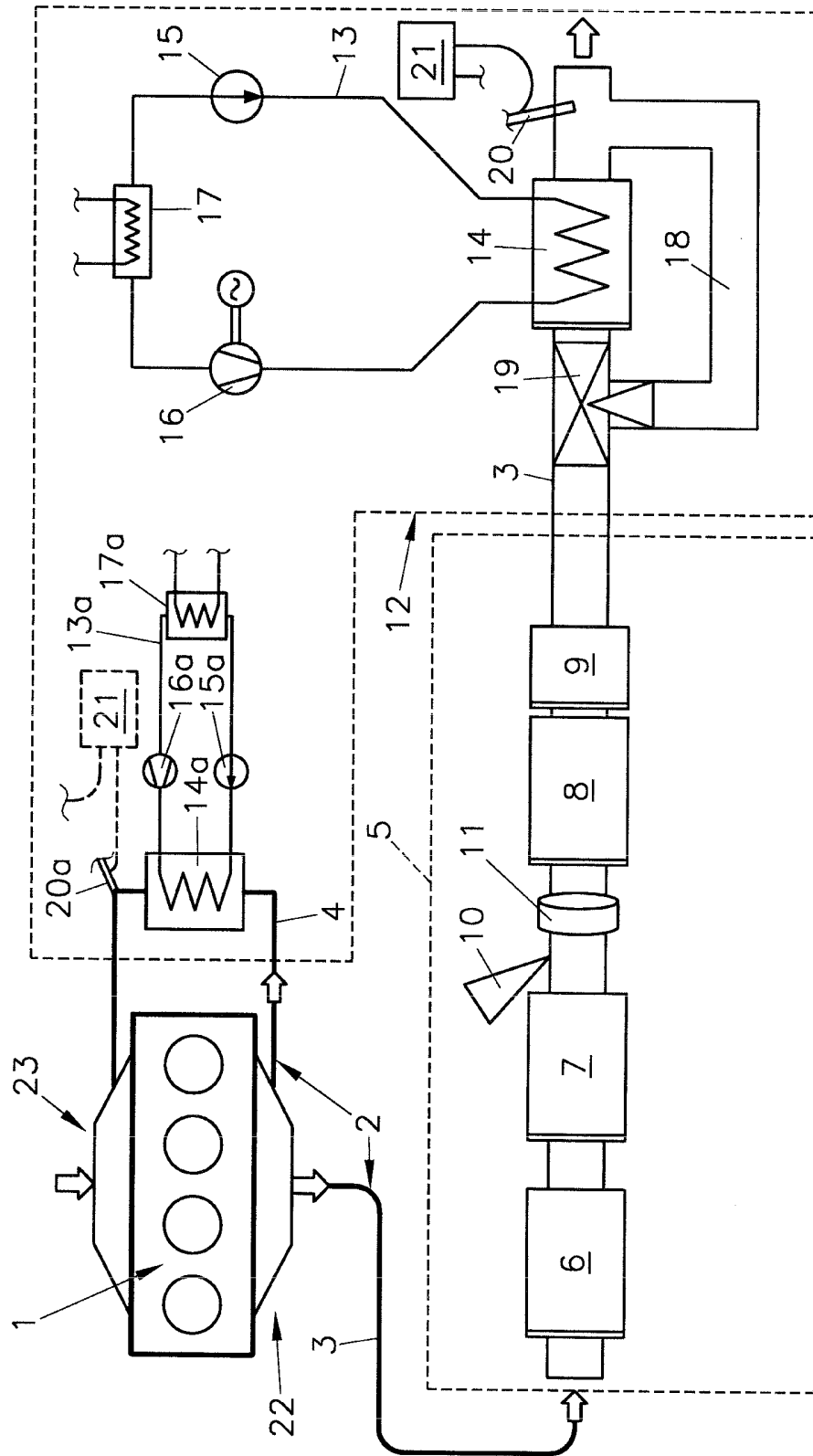


Fig. 4

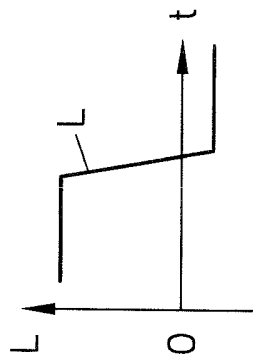


Fig. 2

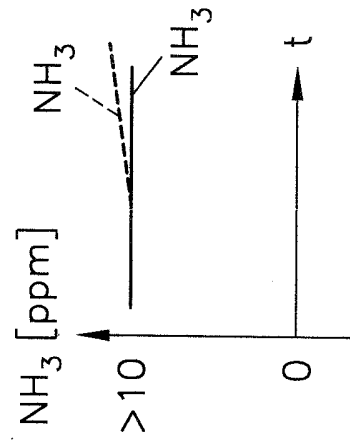
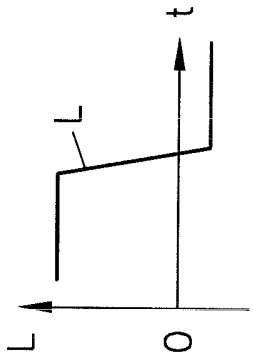


Fig. 5

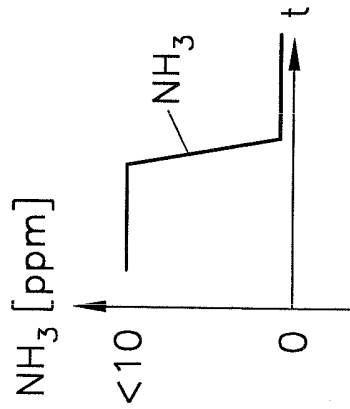


Fig. 3