

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50650/2021
(22) Anmeldetag: 10.08.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2023

(51) Int. Cl.: **G01M 15/10** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
CN 113092122 A
US 6823726 B1
EP 0857958 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Wancura Hannes Dipl.-Ing.
8113 St. Oswald bei Plankenwarth (AT)
Kühberger Gabriel Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) **Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems (35) vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests, wobei das Verbrennungsmotorsystem (35) einen Verbrennungsmotor (1) und eine an den Verbrennungsmotor (1) angeschlossene Abgasreinigungsanlage (2) aufweist. Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren die nacheinander durchgeführten Schritte

- Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage (2) derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage (2) angelagerte Spezies entfernt werden,
- Zwangskühlung des im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotors (1), und
- Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage (2) bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1).

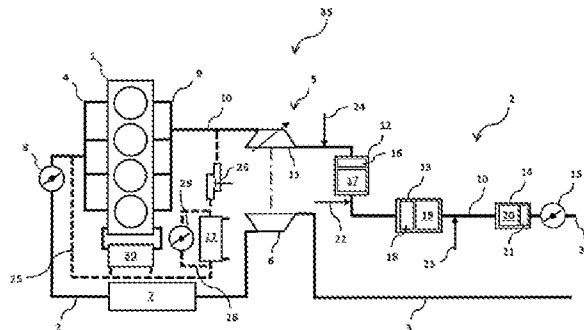


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems (35) vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests, wobei das Verbrennungsmotorsystem (35) einen Verbrennungsmotor (1) und eine an den Verbrennungsmotor (1) angeschlossene Abgasreinigungsanlage (2) aufweist.

Erfindungsgemäß umfasst das Verfahren die nacheinander durchgeführten Schritte

- Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage (2) derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage (2) angelagerte Spezies entfernt werden,
- Zwangskühlung des im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotors (1), und
- Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage (2) bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1).

Fig. 1

Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests.

Bei der Entwicklung von Verbrennungsmotorsystemen von Kraftfahrzeugen haben sich standardisierte Testverfahren etabliert, welche dazu dienen, Betriebseigenschaften der entsprechenden Verbrennungsmotoren bzw. die Leistungsfähigkeit von zugeordneten Abgasreinigungsanlagen zu ermitteln. Gebräuchlich sind Testverfahren, bei denen der Verbrennungsmotor ausgehend von einem auf Umgebungstemperatur befindlichen Gesamtsystem gestartet wird und auf einem Motorenprüfstand oder einem Fahrzeug-Rollenprüfstand ein festgelegtes Lastprofil für den Verbrennungsmotor bzw. ein Geschwindigkeitsprofil des entsprechenden Kraftfahrzeugs gefahren wird. Dabei werden typischerweise Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen zeitaufgelöst und summarisch ermittelt. Ein solcher bei Umgebungstemperatur gestarteter Testzyklus zur Ermittlung von Schadstoffemissionen wird hier als Kaltstartemissionstest bezeichnet. Ein Beispiel hierfür ist der sog. WLTC-Testzyklus (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure).

Nach Durchführung eines Testzyklus bedarf es jedoch einer vergleichsweise langen Abkühlzeit von typischerweise 12 oder mehr Stunden, bis das Gesamtsystem durch natürliche Konvektion wieder auf Umgebungstemperatur abgekühlt ist, um einen erneuten kalt gestarteten Test durchführen zu können. Dies verlängert auf unerwünschte Weise die Entwicklungszeit von Motor- und Abgassystemen. Es wurden daher verschiedentlich Maßnahmen zur Verkürzung der Abkühlzeit vorgeschlagen.

Zur Verkürzung der Entwicklungszeit bei der Motorenentwicklung wird in der EP 0857 958 A1 eine Zwangskühlung des Verbrennungsmotors vorgeschlagen, bei welcher nach Abschluss eines jeweiligen Testzyklus ein Kühlmittel des Verbrennungsmotors über einen externen Wärmetauscher geführt und dabei gekühlt wird. Auf diese Weise wird der Verbrennungsmotor rasch auf Umgebungstemperatur abgekühlt und es kann bereits nach vergleichsweise kurzer Abkühlzeit ein erneuter kaltgestarteter Testzyklus gefahren werden. Das in der EP 0857 958 A1 beschrie-

bene Verfahren betrifft jedoch lediglich die beschleunigte Abkühlung eines Verbrennungsmotors und berücksichtigt nicht Erfordernisse, die an eine beschleunigte Abkühlung eines daran angeschlossenen Abgasreinigungssystems zu stellen sind.

Um zuverlässige und reproduzierbare Testergebnisse für ein Gesamtsystem mit Verbrennungsmotor und Abgasreinigungsanlage zu erhalten, ist es jedoch insbesondere erforderlich, Eigenschaften und Verhalten verschiedener Komponenten der Abgasreinigungsanlage zu berücksichtigen. Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines einen Verbrennungsmotor und eine Abgasreinigungsanlage umfassenden Gesamtsystems anzugeben, welches das Gesamtsystem zuverlässig in einen reproduzierbaren Ausgangszustand zur Durchführung von Kaltstartemissionstests bringen kann. Dabei soll der Ausgangszustand möglichst gut dem entsprechen, welcher bei einer natürlichen Abkühlung, d.h. bei einer Abkühlung allein durch natürliche Konvektion, erreicht wird.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests wird an einem Verbrennungsmotorsystem durchgeführt, welches einen Verbrennungsmotor und eine an den Verbrennungsmotor angeschlossene Abgasreinigungsanlage aufweist. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst dabei die nacheinander durchgeführten Schritte

- Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage angelagerte Spezies entfernt werden,
- Zwangskühlung des im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotors, und
- Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor.

Unter einer beschleunigten Konditionierung des Verbrennungsmotorsystems ist zu verstehen, dass das Verbrennungsmotorsystem reproduzierbar in einen Ausgangszustand versetzt wird, der den Erfordernissen eines Kaltstartemissionstests genügt

und dabei wenigstens annähernd dem entspricht, den das Verbrennungsmotorsystem bei einer durch natürlich Konvektion erfolgenden Abkühlung auf etwa Umgebungstemperatur nach einem Emissionstest erreicht. Dabei ist die Zeitspanne der Abkühlung bei der beschleunigten Konditionierung gegenüber der Zeitspanne der Abkühlung bei einer natürlicherweise und ohne unterstützende Maßnahmen ablaufenden Abkühlung deutlich verkürzt. Vorzugsweise wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Verkürzung der Abkühlzeit auf ein Viertel oder weniger erzielt. Eine durch das Verfahren erreichte Abkühlzeit beträgt weniger als drei Stunden, vorzugsweise weniger als zwei Stunden.

Unter einem Kaltstartemissionstest wird ein bei Umgebungstemperatur von etwa 24 °C oder weniger, insbesondere bei einer Temperatur zwischen -10 °C und 24 °C, gestarteter vorgegebener Testzyklus mit einem vorgegebenen zeitlichen Verlauf von Lastzuständen für den Verbrennungsmotor oder mit einem vorgegebenen Geschwindigkeitsverlauf für ein Kraftfahrzeug mit dem darin verbauten Verbrennungsmotorsystem verstanden. Der Testzyklus kann daher auf einem stationären oder dynamischen Motorprüfstand mit Motorbremse oder auf einem Fahrzeugrollenprüfstand durchgeführt werden.

Unter einem Verbrennungsmotorsystem ist hier ein System zu verstehen, welches einen Verbrennungsmotor und ein Abgassystem mit Abgasreinigungsanlage umfasst. Dem Verbrennungsmotor werden periphere Einheiten und Hilfsaggregate wie beispielweise Schmiermittel- und Kühlmittelpumpe, Schmiermittel- und Kühlmittelkühler, usw. als zugehörig zugerechnet.

Bei dem Verbrennungsmotor handelt es sich vorzugsweise um einen Dieselmotor für ein Kraftfahrzeug. Das Verfahren ist jedoch auch für mit Wasserstoff oder mit anderen gasförmigen oder flüssigen Kraftstoffen betriebene, fremdgezündete Motoren anwendbar. Die an den Verbrennungsmotor angeschlossene Abgasreinigungsanlage weist zumindest eine, vorzugsweise jedoch mehrere filtertechnisch und/oder katalytisch wirksame Abgasreinigungskomponente(n) auf. Insbesondere kann die Abgasreinigungsanlage eine oder mehrere mit einer oxidationskatalytisch wirksamen Beschichtung versehene Abgasreinigungskomponente(n) aufweisen. Zusätzlich sind vorzugsweise ein oder mehrere SCR-Katalysatoren vorhanden. Diese

weisen typischerweise eine Beschichtung auf, welche eine Reduktion von Stickoxiden mit Ammoniak (NH_3) als Reduktionsmittel katalysieren kann. Weiterhin kann ein Partikelfilter zur Ausfilterung von Rußpartikeln aus dem Abgas des Verbrennungsmotors vorgesehen sein.

Die Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bevorzugt nach einer vergleichsweise kurzen Zeit von weniger als einer Stunde oder weniger als einigen Stunden nach einem erfolgten Emissionstest und noch bevor der nach dem Test abgeschaltete Verbrennungsmotor bzw. die Abgasreinigungsanlage nennenswert abgekühlt ist, durchgeführt. Auf diese Art und Weise kann die Wartezeit bis zum nächsten Kaltstartemissionstest deutlich verkürzt werden. Dabei bedeutet eine Durchführung der Verfahrensschritte nacheinander, dass die Verfahrensschritte vorzugsweise unmittelbar nacheinander durchgeführt werden, wobei ein jeweiliger Verfahrensschritt begonnen wird, wenn der vorausgegangene Verfahrensschritt beendet ist. Die Verfahrensschritte überlappen sich somit vorzugsweise nicht.

In einem ersten Verfahrensschritt erfolgt eine Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage angelagerte Spezies entfernt werden. Typischerweise verfügen insbesondere die oben genannten Abgasreinigungskomponenten über die Fähigkeit, diverse im Abgas des Verbrennungsmotors vorhandene Spezies, wie Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC), Wasser (H_2O) und/oder Ammoniak (NH_3) durch Adsorption und/oder Absorption anzulagern. Im ersten Verfahrensschritt werden solche angelagerten Spezies zumindest weitgehend entfernt. Insbesondere ist vorgesehen, durch die Vorkonditionierung zumindest katalytisch wirksame Abgasreinigungskomponenten von angelagerten Spezies wenigstens annähernd vollständig zu befreien. Durch die Vorkonditionierung wird für die Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage ein auf angelagerte Substanzen bezogener reproduzierbarer Zustand erzielt, der den sich bei einer natürlichen Abkühlung einstellenden Verhältnissen zumindest annähernd entspricht. Die Vorkonditionierung kann auch eine Regeneration eines Partikelfilters beinhalten, bei der am Partikelfilter angelagerte Rußpartikel abgebrannt werden.

Nach Beendigung des ersten Verfahrensschritts erfolgt im zweiten Verfahrensschritt bei im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotor eine Zwangskühlung des Verbren-

nungsmotors. Unter Zwangskühlung ist dabei eine Kühlmaßnahme zu verstehen, welche den Verbrennungsmotor signifikant rascher abkühlt, als dies bei einer natürlichen Abkühlung erfolgen würde. Mit der Zwangskühlung des Verbrennungsmotors wird auch ein zugeordneter Schmiermittel- oder Ölkühler heruntergekühlt. Vorzugsweise ebenso dem Verbrennungsmotor zugeordnete, im vorausgegangenen Test erwärmte Hilfsaggregate. Der Verbrennungsmotor wird während der gesamten Dauer seiner Zwangskühlung im befeuerten Leerlauf betrieben. Dadurch wird eine erneute Adsorption bzw. Absorption von Abgasspezies, insbesondere von H_2O , vermieden. Die Abgasreinigungskomponenten verbleiben daher in Bezug auf adsorbierte oder absorbierte Spezies zumindest weitgehend in dem Zustand, den sie im vorausgegangenen ersten Verfahrensschritt der Vorkonditionierung erreicht haben.

Nach Beendigung des zweiten Verfahrensschritts wird der Verbrennungsmotor abgestellt und es erfolgt bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor als dritter Verfahrensschritt eine Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage. Unter Zwangskühlung ist dabei eine Kühlmaßnahme zu verstehen, welche die Abgasreinigungsanlage signifikant rascher abkühlt, als dies bei einer natürlichen Abkühlung erfolgen würde. Vorzugsweise werden von der Zwangskühlung alle Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage erfasst.

Mit Beendigung des dritten Abgasreinigungsschritts ist das Gesamtsystem von Verbrennungsmotor und angeschlossener Abgasreinigungsanlage soweit konditioniert, dass ein erneuter Kaltstartemissionstest durchgeführt werden kann. Vorzugsweise erfolgt das erfindungsgemäße Verfahren in einer derart kurzen Zeit, dass täglich mehrere, beispielsweise mehr als vier oder mehr als sechs Kaltstartemissionstests durchgeführt werden können.

In Ausgestaltung des Verfahrens wird zur Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage der Verbrennungsmotor mit mittlerer Last betrieben. Unter einer mittleren Last wird hier ein Betrieb des Verbrennungsmotors mit etwa 40 % der Volllast verstanden. Ein bevorzugter Betriebszustand mit mittlerer Last liegt bei einer Motordrehzahl von etwa 2000 U/min und bei etwa 40 % des gesamten Fahrpedal- bzw. Regelstangenwegs vor. Dabei erreicht in weiterer Ausgestaltung der Erfindung die Abgasreinigungsanlage bei der Vorkonditionierung eine vorgebbare Mindesttemperatur.

Vorzugsweise werden mindestens etwa 250 °C für alle Abgasreinigungskomponenten oder auslassseitig der am weitesten stromab angeordneten Abgasreinigungskomponente erreicht.

Vorzugsweise wird der erste Verfahrensschritt der Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage nach einem vorangegangenen Emissionstest begonnen, noch bevor Komponenten der Abgasreinigungsanlage auf weniger als 250 °C abgekühlt sind. Die Vorkonditionierung kann dann eine vorgebbare Zeitdauer mit auf oder über 250 °C erwärmten Abgasreinigungskomponenten andauern. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage angelagerte Spezies weitgehend entfernt werden. Es kann weiter vorgesehen sein, die Motorlast so einzustellen, dass die Abgasreinigungsanlage bei der Vorkonditionierung langsam abkühlt. Wurde der Verfahrensschritt der Vorkonditionierung zu einem Zeitpunkt begonnen, bei dem Abgasreinigungskomponenten bereits unter etwa 250 °C abgekühlt sind, so ist vorzugsweise vorgesehen, die Motorlast so einzustellen, dass die Abgasreinigungskomponenten wieder auf eine Temperatur von mindestens 250 °C erwärmt werden und bei dieser Temperatur eine vorgebbare Zeitspanne verbleiben. Es kann somit vorgesehen sein, die Vorkonditionierung zu beenden, wenn die Abgasreinigungsanlage oder zumindest die strömungstechnisch gesehen am weitesten stromab angeordneten Abgasreinigungskomponente der Abgasreinigungsanlage eine vorgebbare Zeitdauer auf oder oberhalb einer Temperatur von etwa 250 °C verblieben ist. Kühlt die Abgasreinigungsanlage im Verlauf der Vorkonditionierung ab, so ist vorzugsweise vorgesehen, die Vorkonditionierung zu beenden, wenn eine Mindesttemperatur von etwa 250 °C in der Abgasreinigungsanlage oder auslassseitig der strömungstechnisch gesehen am weitesten stromab angeordneten Abgasreinigungskomponente erreicht wird oder droht in Kürze unterschritten zu werden.

Im zweiten Verfahrensschritt wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung zur Zwangskühlung des Verbrennungsmotors ein Kühlmittel des Verbrennungsmotors durch einen externen Wärmetauscher geleitet. Hierzu wird der normale Kühlwasserkreislauf vorzugsweise derart umgestellt, dass das Kühlmittel nicht länger durch einen dem Verbrennungsmotor zugeordneten üblichen luftgekühlten Fahrzeugkühler strömt, sondern durch den externen, zusätzlichen Wärmetauscher. Dabei

wird zur Darstellung des derart geänderten Kühlmittelkreislaufs die motoreigene Kühlmittelpumpe des im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotors eingesetzt. Auf eine separate Kühlmittelpumpe kann somit verzichtet werden. Der Wärmetauscher wird zur Abkühlung des Motorkühlmittels vorzugsweise mit Kühlwasser aus einer externen Quelle versorgt. Durch die motoreigene Kühlmittelpumpe wird das Kühlmittel vom Verbrennungsmotor durch den externen, gekühlten Wärmetauscher und wieder zurück in den Verbrennungsmotor gefördert. Mit Abkühlung des Motorkühlmittels wird auch das Motoröl heruntergekühlt.

Vorzugsweise erfolgt in weiterer Ausgestaltung die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors mit eingeschalteter Abgasrückführung. Insbesondere kann eine so genannte Hochdruck-Abgasrückführung aktiv bleiben, bei welcher Abgas auslassseitig einer Turboladerturbine in ein Saugrohr des Verbrennungsmotors geführt wird.

Der Verfahrensschritt der Zwangskühlung des Verbrennungsmotors bzw. dessen Kühlmittels wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung beendet, wenn die Temperatur des Kühlmittels am Austritt aus dem Verbrennungsmotor einen Höchstwert von etwa 25 °C erreicht. Mit anderen Worten wird die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors durchgeführt, solange die Kühlmitteltemperatur am Austritt des Verbrennungsmotors über etwa 25 °C liegt. Ist diese Grenztemperatur des Kühlmittels erreicht, oder wird sie unterschritten, wird die Zwangskühlung beendet und der Verbrennungsmotor hat die angestrebte Umgebungstemperatur erreicht.

Der Verfahrensschritt der Zwangskühlung des Verbrennungsmotors kann in weiterer Ausgestaltung des Verfahrens auch beendet werden, wenn eine Temperatur einer vorbestimmten Abgasreinigungskomponente einen vorgegebenen Mindestwert erreicht. Beispielsweise kann vorgesehen sein, die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors zu beenden, wenn einlassseitig der strömungstechnisch am weitesten stromauf in der Abgasreinigungsanlage angeordneten Abgasreinigungskomponente eine Mindesttemperatur von etwa 150 °C erreicht ist oder diese Grenztemperatur droht in Kürze unterschritten zu werden. Auf diese Weise kann eine Wiedereinlagerung von Abgasspezies an den Abgasreinigungskomponenten vermieden werden. Insbesondere kann auf diese Weise eine HC-Adsorption oder

-Absorption an einem typischerweise strömungstechnisch vorn in der Abgasreinigungsanlage angeordneten Oxidationskatalysator vermieden werden. Ebenso können Wasseranlagerungen an gegebenenfalls vorhandenen SCR-katalytisch wirksamen Abgasreinigungskomponenten vermieden werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird zur Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage stromauf der ersten Abgasreinigungskomponente der Abgasreinigungsanlage trockene Luft mit etwa Umgebungstemperatur in eine Abgasleitung der Abgasreinigungsanlage eingeblasen. Die Luft durchströmt bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor die Abgasreinigungsanlage und kühlt diese dabei ab. Durch Einsatz trockener Luft wird eine erneute Adsorption oder Absorption insbesondere von H_2O in Komponenten der sich abkühlenden Abgasreinigungsanlage vermieden und die Abgasreinigungskomponenten bleiben frei von Anlagerungen. Vorzugsweise wird Luft mit einer relativen Feuchte von weniger als 20 % und besonders bevorzugt von weniger als 10 % eingesetzt. Typischerweise beträgt die relative Feuchte der eingesetzten Luft etwa 4 %. Bei entsprechend niedrigem Feuchtegrad kann als Kühlluft zur Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage Pressluft verwendet werden, welche gegebenenfalls einer Pressluftversorgungsanlage des Prüfstands entnommen wird. Der Luftdurchsatz durch die Abgasreinigungsanlage kann etwa dem Abgasdurchsatz des im Leerlauf oder bei Teillast betriebenen Verbrennungsmotors entsprechen. Bevorzugt liegt der Durchsatz der trockenen Kühlluft im Bereich von 25 kg/h bis etwa 50 kg/h.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird die trockene Luft stromab einer Abgasturbolader-Turbine eingeblasen. Die Zugabestelle zur Lufteinblasung befindet sich dann zwischen der Abgasturbolader-Turbine und der strömungstechnisch gesehen am weitesten stromauf in der Abgasreinigungsanlage angeordneten Abgasreinigungskomponente. Somit werden alle in der Abgasreinigungsanlage angeordneten Abgasreinigungskomponenten von der zugegebenen Luft durchströmt und abgekühlt. Die Lufteinblasung und damit der dritte Verfahrensschritt der Konditionierung wird in weiterer Ausgestaltung des Verfahrens beendet, wenn eine Temperatur der Abgasreinigungsanlage einen Höchstwert von etwa 25 °C erreicht. Vorzugsweise wird die Lufteinblasung beendet, wenn ausströmseitig der am weitesten stromab in

der Abgasreinigungsanlage angeordneten Abgasreinigungskomponente eine Temperatur von etwa 25 °C erreicht wird.

Damit ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Konditionierung des Verbrennungsmotors und der daran angeschlossenen Abgasreinigungsanlage abgeschlossen und es kann ein (weiterer) Kaltstartemissionstest gefahren werden. Dabei ist durch das erfindungsgemäße Verfahren sichergestellt, dass das Gesamtsystem reproduzierbar einen Zustand erreicht, bei welchem Kaltstartemissionstests mit vergleichbaren Ergebnissen durchgeführt werden können. Durch Befreiung der Abgasreinigungskomponenten von angelagerten Spezies werden ansonsten von Test zu Test vorhandene veränderliche Adsorptionszustände der Abgasreinigungskomponenten vermieden, welche erfahrungsgemäß großen Einfluss auf das Testergebnis haben. Durch die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreichte vergleichsweise rasche Abkühlung des Gesamtsystems auf Umgebungstemperatur können in vergleichbaren Zeiträumen deutlich mehr Kaltstartemissionstests durchgeführt werden als bei einer natürlich stattfindenden Abkühlung, wobei die Startbedingungen und die erzielten Testergebnisse jedoch zumindest nahezu identisch sind.

Obige sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter, nichteinschränkender Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Skizze eines bei Kaltstartemissionstests eingesetzten Verbrennungsmotorsystems,
- Fig. 2 eine schematische Skizze eines Kühlsystems des Verbrennungsmotors,
- Fig. 3a, 3b Diagramme betreffend zeitliche Verläufe von NO_x-Emissionssummenwerten bei Kaltstartemissionstests,
- Fig. 3c ein Diagramm betreffend H₂O-Emissionswerte bei Kaltstartemissionstests,

Fig. 3d ein zeitliches Geschwindigkeitsprofil eines Kaltstartemissionstests, und

Fig. 4a – 4e Diagramme betreffend zeitliche Verläufe von an unterschiedlichen Stellen des Gesamtsystems gemessenen Temperaturen bei Kaltstartemissionstests.

In Fig. 1 ist schematisch und vereinfacht ein beispielhaftes Verbrennungsmotorsystem dargestellt, an welchem das erfindungsgemäße Verfahren erprobt und verifiziert wurde. Das hier mit 35 summarisch gekennzeichnete Verbrennungsmotorsystem, nachfolgend vereinfacht als Gesamtsystem bezeichnet, umfasst einen Verbrennungsmotor 1 und ein daran angeschlossenes Abgasreinigungssystem 2. Der Verbrennungsmotor 1 ist vorliegend als 4-zylindriger Dieselmotor, nachfolgend vereinfacht als Motor bezeichnet, ausgeführt. Zur Schmierung des Motors 1 ist ein Schmierölkreislauf, der einen Ölkühler 30 durchströmt, vorgesehen. Zum Betrieb des Motors 1 ist diesem Verbrennungsluft über eine Luftzufuhrleitung 3 zuführbar. Die Verbrennungsluft wird dabei dem Motor 1 über einen Verdichter 6 eines Abgasturboladers 5 und über einen Ladeluftkühler 7 zur Abkühlung verdichteter Verbrennungsluft zugeführt. Stromab des Ladeluftkühlers 7 und vor der Einmündung in ein Saugrohr 4 ist in der Luftzufuhrleitung 3 eine einstellbare Drosselklappe 8 zur bedarfsweisen Drosselung des Verbrennungsluftdurchsatzes angeordnet. Beim befeuerten Betrieb des Motors 1 erfolgt eine Verbrennung von über ein nicht dargestelltes Kraftstoffzufuhrsystem zugeführtem Kraftstoff mit Sauerstoff der zugeführten Verbrennungsluft, wobei ein für den Antrieb eines Kraftfahrzeugs vorgesehenes Antriebsmoment an einer ebenfalls nicht dargestellten Antriebswelle bereitgestellt wird. Bei der Kraftstoffverbrennung entstehendes Abgas gelangt in einen Abgaskrümmern 9, von dem es über eine Abgasleitung 10 abgeführt wird. Dabei treibt das Abgas zunächst eine Turbine 11 des Abgasturboladers 5 an, wobei die Turbine 11 vorliegend über eine variable Turbinengeometrie verfügen kann oder anderweitig in Bezug auf die Turbinendrehzahl einstellbar ausgeführt sein kann. Stromauf der Turbine 11 kann über eine Hochdruck-Abgasrückführleitung (HD-AGR-Leitung) 25 Abgas abgezweigt und der Verbrennungsluft stromab der Einlassluft-Drosselklappe 8 zugemischt werden. Zur Einstellung der Abgasrückführrate ist in der HD-AGR-Leitung 25 ein einstellbares AGR-Ventil 26 vorgesehen. Das AGR-Ventil 26 durchströmende Abgas kann durch einen stromab angeordneten AGR-Kühler 27

gekühlt werden. Abgas kann jedoch auch über eine Bypassleitung 28 mit einer darin angeordneten einstellbaren Drosselklappe 29 um den AGR-Kühler 27 herumgeleitet werden.

Unter weiterem Bezug auf Fig. 1 wird nachfolgend auf die im Rahmen der Erfindung eingesetzte, jedoch lediglich beispielhaft zu verstehende Ausführungsform der Abgasreinigungsanlage 2 eingegangen. Diese weist, in Bezug auf eine Abgasdurchströmung gesehen, stromab der Turbine 11 hintereinander angeordnet drei Abgas-konverter 12, 13, 14 auf.

Der erste, vorzugsweise motornah angeordnete Konverter 13 beinhaltet hintereinander angeordnet ein elektrisches Heizelement 16 und einen Oxidationskatalysator 17. Das elektrische Heizelement 16 kann eine oxidationskatalytische Beschichtung aufweisen und dient hauptsächlich der bedarfsweisen Aufheizung des Abgases, insbesondere bei einem Motor-Kaltstart oder –Warmlauf. Der Oxidationskatalysator 17 ist vorzugsweise als sogenannter Dieseloxidationskatalysator (DOC) ausgelegt und ermöglicht eine katalytisch unterstützte oxidative Entfernung von gegebenenfalls im Abgas vorhandenen unverbrannten Bestandteilen wie Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO). Hierzu kann der Oxidationskatalysator 17 Edelmetalle der Platingruppe imprägniert auf einem beispielsweise zeolithischen Trägermaterial oder auch auf einem metallischen Trägermaterial aufweisen. Grundsätzlich kann als Oxidationskatalysator 17 auch ein LNT-Katalysator (Lean Nox Trap Katalysator) vorgesehen sein, wobei dieser einen Metallträger aufweisen kann.

Der zweite, vorzugsweise ebenfalls motornah angeordnete Konverter 13 beinhaltet hintereinander angeordnet einen ersten SCR-Katalysator 18 und einen Partikelfilter 19. Vorzugsweise ist der Partikelfilter 19 als wanddurchströmter Partikelfilter mit einer oxidationskatalytisch oder SCR-katalytisch wirksamen Beschichtung ausgeführt. Die zweitgenannte Variante ist dabei bevorzugt und der Partikelfilter 19 somit bevorzugt als sogenannter SDPF ausgeführt. Grundsätzlich kann der SDPF auch stromaufwärts des SCR angeordnet sein.

Der dritte, vorzugsweise motorfern angeordnete Konverter 14 beinhaltet hintereinander angeordnet einen zweiten SCR-Katalysator 20 und einen NH_3 -Sperrkatalysator 21 zur Oxidation von gegebenenfalls im Abgas vorhandenen NH_3 -Resten.

Die SCR-Katalysatoren 18, 20 sind bevorzugt als keramische Wabenkörper mit einer Vielzahl von parallelen, von Abgas durchströmbaren Kanälen ausgeführt, auf deren Wänden eine SCR-katalytisch wirksame Beschichtung aufgebracht ist. Unter einer SCR-katalytisch wirksamen Beschichtung ist dabei eine Beschichtung zu verstehen, die eine Reduktion von Stickoxiden auch bei Anwesenheit eines Sauerstoffüberschusses im Abgas mit NH_3 katalysieren kann. Bevorzugt umfasst die SCR-katalytische Beschichtung einen eisen- oder kupferhaltigen Zeolithen oder es kann auch ein Vanadium-SCR sein. Eine solche kann auch für den Partikelfilter 19 des zweiten Konverters 13 vorgesehen sein.

Zur katalytischen Reduktion von im Abgas enthaltenem NO_x an den SCR-Katalysatoren 18, 20 sowie am SDPF 19 kann dem Abgas ein ammoniakbasiertes Reduktionsmittel, wie vorzugsweise eine wässrige Harnstofflösung, über eine erste NH_3 -Zugabevorrichtung 22 und eine zweite NH_3 -Zugabevorrichtung 23 beigemischt werden. Dabei ist die erste NH_3 -Zugabevorrichtung 22 wie dargestellt stromab des ersten Konverters 12 und stromauf des zweiten Konverters 13 angeordnet. Die zweite NH_3 -Zugabevorrichtung 23 ist stromab des zweiten Konverters 13 und stromauf des dritten Konverters 14 angeordnet. Weiterhin ist eine Luftzufuhr-Vorrichtung 24 vorgesehen, mittels welcher Luft stromab der Turbine 11 und stromauf des ersten Konverters 12 in die Abgasleitung 10 eingeblasen werden kann. Auf die Funktion dieser Luftzufuhr-Vorrichtung 24 wird weiter unten in Verbindung mit einer Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens näher eingegangen. Schließlich ist in der Abgasleitung 10 endseitig vor einem Abgasauslass 31 eine einstellbare Abgasdrosselklappe 15 angeordnet. Es ist noch zu erwähnen, dass für das Gesamtsystem 35 zur Erfassung von Temperaturen, Drücken und Konzentrationen von Abgasbestandteilen diverse Sensoren vorgesehen sind, welche aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 1 nicht gesondert dargestellt sind. Auf deren Anordnung und Funktion wird, soweit es für die Erfindung von besonderem Interesse ist, weiter unten eingegangen.

Nachfolgend wird ein in Fig. 2 schematisch dargestelltes, modifiziertes Kühlsystem des Motors erläutert. In Fig. 2 ist mit Bezugszeichen 41 ein standardmäßig implementierter Kühlmittelpfad bezeichnet. Kühlmittel strömt bei normalem Betrieb des Motors 1 aus einem Kühlmittelauslass 40 des Motors 1 aus und über ein erstes Dreiwege-Ventil 44 zu einem dem Motor 1 standardmäßig zugeordneten Kühler 42. Im Kühler 42 wird es infolge einer durch den Lüfter 43 bewirkten Anströmung mit Umgebungsluft gekühlt. Dabei ist für den Kühler 42 eine Kühlerbypassleitung 41a vorgesehen, über welche das Motorkühlmittel den Kühler 42 umgehen kann. Ein zweites Dreiwege-Ventil 45 steuert dabei, ob das Kühlmittel durch den Kühler 42 strömt oder ungekühlt den Kühler 42 umgeht. Über ein erstes Rückschlagventil 47 wird das Motorkühlmittel, gefördert durch eine dem Motor 1 standardmäßig zugeordnete Kühlmittelpumpe 50, wieder dem Motor 1 über einen Kühlmiteleinlass 51 zugeführt.

In Verbindung mit einer erfindungsgemäß vorgesehenen Zwangskühlung des Motors 1 kann der Kühlmittelkreislauf durch entsprechende Betätigung des ersten Dreiwegeventils 44 auf einen alternativen zweiten Kühlmittelpfad 49 umgestellt werden. Bei diesem strömt das Kühlmittel vollständig über einen zusätzlich vorgesehenen externen, kühlwassergespeisten Wärmetauscher 46 und wird dabei abgekühlt. Über ein zweites Rückschlagventil 48 wird das Motorkühlmittel, wiederum gefördert durch die dem Motor 1 standardmäßig zugeordnete Kühlmittelpumpe 50, wieder dem Motor 1 über den Kühlmiteleinlass 51 zugeführt. Es sei noch erwähnt, dass, obschon nicht gesondert dargestellt, der in Fig. 1 gezeigte Ölkühler 30 in beiden Fällen ebenfalls vom Motorkühlmittel durchströmt wird und somit das Motoröl in beiden Fällen gekühlt wird.

Nachfolgend wird unter weiterem Bezug auf Fig. 1 und Fig. 2 eine bevorzugte Vorgehensweise zur beschleunigten Konditionierung des Verbrennungsmotorsystems 35 erläutert. Dabei wird davon ausgegangen, dass das der Motor 1 nach einem Emissionstest des Verbrennungsmotorsystems 35 abgeschaltet wurde und Motor 1 sowie Abgasreinigungsanlage 2 noch eine erhöhte Temperatur aufweisen. Typischerweise liegt nach einem Emissionstest die Temperatur des Motors 1 bzw. dessen Kühlmittels über 60 °C und die der Abgasreinigungsanlage 2 über 300 °C.

Das erfindungsgemäße Verfahren beginnt mit einer Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage 2 derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage 2 angelagerte Spezies entfernt werden. Wie festgestellt wurde, können nach einem Emissionstest an den Abgasreinigungskomponenten Abgasbestandteile wie H_2O , NO_x , NH_3 , CO , HC adsorbiert bzw. absorbiert sein. Insbesondere können diese Spezies an den typischerweise mit einer Zeolith-Beschichtung versehenen SCR-katalytischen Abgasreinigungskomponenten 18, 19, 20 adsorbiert sein. Mit zunehmender Standzeit mit erhöhter Temperatur desorbieren diese Spezies zumindest teilweise. Die Vorkonditionierung dient dazu diesen Prozess zu beschleunigen und in Bezug auf angelagerte Spezies einen reproduzierbaren und für Kaltstartemissionstests praxisgerechten Zustand erreichen. Hierfür wird der Motor 1 gestartet und mit mittlerer Last solange betrieben, bis ausströmseitig des Sperrkatalysators 21 eine Temperatur von wenigstens etwa $250\text{ }^\circ\text{C}$ erreicht ist. Vorzugsweise ist zur Erfassung dieses Kriteriums stromab des Sperrkatalysators 21 und vorzugsweise vor der Abgasdrosselklappe 15 ein Temperatursensor angebracht. Dabei kann eine vorgegebene Verweildauer für diesen Zustand vorgesehen sein. Damit ist sichergestellt, dass die Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage 2 von angelagerten Spezies zumindest weitgehend befreit vorliegen.

Die Vorkonditionierung kann auch eine Regeneration des Partikelfilters 19 umfassen. Bei dieser wird, beispielsweise durch eine entsprechend hohe Motorlast, ausreichend erwärmtes sauerstoffhaltiges Abgas erzeugt, sodass am Partikelfilter 19 abgelagerte Rußpartikel abbrennen.

Nach vollzogener Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage 2 wird eine Zwangskühlung des Motors 1 begonnen. Hierfür wird der Motor 1 auf Leerlaufbetrieb umgeschaltet und durch Betätigung des Dreizeg-Ventils 44 der Kühlmittelkreislauf des Motors 1 vom ersten Kühlmittelpfad 41 auf den zweiten Kühlmittelpfad 49 umgestellt und der externe Wärmetauscher 46 mit Kühlwasser versorgt, so dass das Motorkühlmittel und damit der Motor 1 abgekühlt wird. Da auch der Ölkühler 30 vom Motorkühlmittel durchströmt wird, wird gleichzeitig das Motoröl gekühlt. Mittels eines weiteren Temperatursensors wird die Kühlmitteltemperatur am Kühlmittelauslass 40 überwacht. Ist die Kühlmittelaustrittstemperatur auf einen Wert von etwa $25\text{ }^\circ\text{C}$ oder weniger abgesunken, wird der Motor 1 abgestellt und damit die Zwangskühlung

beendet. Vorzugsweise sind der Wärmetauscher 42 und dessen Kühlwasserversorgung so ausgelegt, dass dies der Fall ist, noch bevor der Oxidationskatalysator 17 auf weniger als 150 °C abgekühlt ist, bzw. zwischen Oxidationskatalysator 17 und erstem SCR-Katalysator eine Temperatur von weniger als 150 °C gemessen werden kann. Auf diese Weise kann eine Adsorption von im Abgas enthaltenen HC am Oxidationskatalysator 17 vermieden werden.

Mit Beendigung der Motorzwangskühlung wird bei abgeschaltetem Motor 1 eine Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage 2 begonnen. Hierfür wird durch die Luftzufuhr-Vorrichtung 24 stromab der Turbine 11 und stromauf des ersten Konverters 12 trockene Luft mit etwa Umgebungstemperatur in die Abgasleitung 10 eingeblasen. Die Abgasreinigungskomponenten der Konverter 12, 13, 14 werden auf diese Weise abgekühlt. Dabei ist es von Bedeutung, dass die eingeblasene Kühlluft trocken ist, d.h. eine allenfalls geringe relative Feuchte von nicht mehr als 20 %, vorzugsweise nicht mehr als 10 % aufweist. Auf diese Weise wird eine erneute Adsorption von H₂O in den Abgasreinigungskomponenten, speziell in den SCR-Katalysatoren 19, 20 vermieden. Die Lufteinblasung und damit die Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage 2 wird beendet, wenn alle Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage 2 eine Temperatur von weniger als etwa 30 °C aufweisen. Dies ist typischerweise der Fall, wenn ausströmseitig des Sperrkatalysators 21 eine Temperatur von etwa 30 °C bis 25 °C gemessen werden kann.

Mit Beendigung der Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage 2 ist das Verfahren zur beschleunigten Konditionierung des Gesamtsystems 35 abgeschlossen und, bevorzugt nach Verstreichen einer Stabilisierungszeit von etwa 15 min, kann ein (erneuter) Kaltstartemissionstest gefahren werden. Typischerweise dauern die beschriebenen Verfahrensschritte der Vorkonditionierung und der Zwangskühlung jeweils etwa 15 min bis 45 min und der gesamte Konditioniervorgang daher typischerweise weniger als etwa 2,5 Stunden, so dass insbesondere infolge der beschleunigten Abkühlung des Gesamtsystems zumindest 3 oder mehr Kaltstartemissionstests an einem Werktag durchgeführt werden können und somit wenigstens dreimal mehr Tests als bei natürlicher Abkühlung des Gesamtsystems gefahren werden können.

Nachfolgend wird unter Bezug auf in Fig. 3a – 3d und Fig. 4a – 4e dargestellte Diagramme auf eine Verifizierung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingegangen. Zur Verifizierung wurden an verschiedenen Stellen der Abgasreinigungsanlage 2 in kalt gestarteten WLTC-Zyklen Verläufe von NO_x-Emissionswerten und von H₂O-Konzentrationen sowie von Temperaturen gemessen. Dabei sind in den Diagrammen Verläufe bei Tests, bei denen im Anschluss an einen Vorgängertest eine natürliche Abkühlung des Gesamtsystems 35 erfolgte, Verläufe gegenübergestellt, bei denen im Anschluss an einen Vorgängertest eine Konditionierung des Gesamtsystems 35 entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgte. In den gefahrenen Testzyklen wurde jeweils auf eine Reduktionsmitteldosierung über die NH₃-Zugabevorrichtungen 22, 23 verzichtet. Ebenso wurde auf eine Beheizung des elektrischen Heizelements 16 verzichtet.

Fig. 3d zeigt ein Diagramm eines Geschwindigkeitsverlaufs entsprechend des den Tests zugrunde liegenden ersten Teils eines WLTC-Testzyklus. Vorliegend wurden die Tests an einem dynamischen Motorprüfstand mit Motorbremse durchgeführt und der Motor 1 in Bezug auf Drehmoment und Drehzahl so betrieben, dass sich für ein Kraftfahrzeug mit eingebautem Gesamtsystem 35 der entsprechende Geschwindigkeitsverlauf ergeben würde. Im Diagramm von Fig. 3a sind parallel ermittelte NO_x-Emissionssummenwerte dargestellt. Dabei sind mit der durchgezogen gezeichneten Kurve 60 und der gestrichelt gezeichneten Kurve 61 die zwischen Turbine 11 und erstem Konverter 12 erfassten und aufsummierten NO_x-Emissionen wiedergegeben. Diese Emissionen werden nachfolgend als Rohemissionen bezeichnet. Die gepunktet gezeichnete Kurve 62 und die strichpunktiert gezeichnete Kurve 63 zeigen die aufsummierten NO_x-Emissionen hinter dem dritten Konverter 14. Diese Emissionen werden nachfolgend als Endrohrmissionen bezeichnet. Dabei zeigt Kurve 60 die NO_x-Rohemission in einem Testzyklus, dem ein natürlich erfolgreicher Abkühlvorgang vorausging, während Kurve 61 die NO_x-Rohemission in einem Testzyklus zeigt, dem eine Konditionierung entsprechend der Erfindung vorausging. Analog zeigen die Kurven 62 und 63 die korrespondierenden NO_x-Endrohrmissionen.

Den Kurvenverläufen von Fig. 3a lässt sich folgendes entnehmen. Zunächst ist festzustellen, dass die Kurven, die einem Testlauf zuzuordnen sind, dem eine erfin-

dungsgemäße Konditionierung des Gesamtsystems 35 vorausging, sich nur geringfügig von denen eines Testlaufs unterscheiden, denen eine natürliche Abkühlung vorausging. Weiterhin kann festgestellt werden, dass für beide Fälle während der ersten etwa 170 s eines Testlaufs die NO_x-Endrohremissionen (Kurven 62, 63) vernachlässigbar niedrig sind, wohingegen die NO_x-Rohemissionswerte (Kurven 60, 61) kontinuierlich ansteigen. Dies dokumentiert eine Adsorption bzw. Adsorption von im Abgas enthaltenem NO_x an den Abgasreinigungskomponenten der Konverter 12, 13, 14 in dieser Zeitspanne. Der steile Anstieg der NO_x-Endrohremissionen nach etwa 170 s ist auf eine Desorption von zuvor adsorbierten und/oder absorbierten NO_x zurückzuführen. Durch ergänzende Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass insbesondere an den mit einer zeolithischen Beschichtung versehenen Abgasreinigungskomponenten 18, 19, 20 in den ersten etwa 170 s eines Testlaufs erhebliche NO_x-Mengen adsorbiert bzw. absorbiert werden. Dies ist insbesondere aus Fig. 3b ersichtlich, in der die Differenz zwischen aufsummierter NO_x-Rohemission und aufsummierter NO_x-Endrohremission für den Fall einer zuvor erfolgten natürlichen Abkühlung (durchgezogene Kurve 64) und einer entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren beschleunigten Abkühlung (gestrichelte Kurve 65) dargestellt ist. Der vergleichsweise geringe Unterschied im Kurvenverlauf der NO_x-Emissionen für die beiden Abkühlvorgänge zeigt, dass in Bezug auf die NO_x-Emissionen bzw. die NO_x-Adsorptions- und Desorptionsvorgänge während des kaltgestarteten WLTC-Tests die beschleunigte Abkühlung des erfindungsgemäßen Verfahrens als zumindest annähernd gleichwertig zu einer natürlichen Abkühlung angesehen werden kann.

Analog zur NO_x-Adsorption und -Desorption verläuft eine Adsorption und Desorption von H₂O, wie Fig. 3c zu entnehmen ist. In Fig. 3c ist mit der durchgezogenen Kurve 66 die endrohrseitig ermittelte volumenbezogene H₂O-Konzentration für den Fall einer vorangegangenen natürlichen Abkühlung des Gesamtsystems 35 dargestellt, während die gestrichelte Kurve 67 die entsprechenden Verhältnisse bei einer zuvor erfolgten beschleunigten Abkühlung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wiedergibt. Die weitgehend identischen Kurvenverläufe belegen auch bezüglich des Adsorptions- und Desorptionsverhaltens von H₂O die Vergleichbarkeit der beiden Abkühlvorgänge. Am Zeolithen können auch Kohlenwasserstoffe, sogenannte THC

abgelagert werden, welche teilweise durch Verdampfung von Wasser reduziert werden. Dadurch kommt es zu weiteren exothermen Reaktionen.

Wie durch entsprechenden Untersuchungen festgestellt werden konnte, werden durch den Verfahrensschritt der Vorkonditionierung die Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage in Bezug auf NO_x- und H₂O-Adsorption bzw. -Absorption in einen Zustand gebracht, der dem entspricht, der bei einer natürlichen Abkühlung erreicht wird. Dabei ist es von Bedeutung, dass in den der Vorkonditionierung folgenden erfindungsgemäßen Schritten der Zwangskühlung die Abgasreinigungskomponenten weiterhin frei von angelagerten Spezies, insbesondere frei von adsorbiertem H₂O bleiben. Dies gelingt insbesondere, indem die Zwangskühlung des Motors 1 bei befeuert im Leerlauf betriebenen Motor erfolgt und bei der Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage 2 trockene Luft als Kühlmedium verwendet wird. Wie sich gezeigt hat, führt ein Einsatz von normaler Umgebungsluft mit etwa 40 % oder mehr rel. Feuchte zu einer erneuten Adsorption von H₂O. Folge hiervon ist eine mehr oder weniger stark behinderte NO_x-Adsorption zu Beginn eines folgenden Kaltstartemissionstests und damit zu nicht praxisgerechten und nicht reproduzierbaren Testergebnissen.

Nachfolgend wird auf die Figuren 4a – 4e eingegangen, in denen während WLTC-Tests mit in Fig. 3d dargestelltem Geschwindigkeitsprofil in der Abgasreinigungsanlage 2 gemessene Temperaturverläufe dargestellt sind. Dabei korrespondieren in den jeweiligen Figuren durchgezogene Linien mit Tests mit einer vorangegangenen natürlichen Abkühlung des Gesamtsystems 35 und gestrichelte Linien Tests mit einer vorangegangenen beschleunigten Abkühlung bzw. Konditionierung entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren.

In Fig. 4a sind zwischen dem ersten SCR-Katalysator 18 und dem Partikelfilter 19 gemessene Temperaturverläufe dargestellt. Die entsprechende Temperatur ist hier mit T₅₂ bezeichnet. Dabei fällt ein signifikanter Temperaturanstieg kurz nach Testbeginn auf, der nicht allein auf die Motorbelastung mit Erzeugung entsprechend erwärmten Abgases zurückzuführen ist. Vielmehr macht sich dadurch auch eine mit Freisetzung von Adsorptionswärme verbundene H₂O-Adsorption im ersten SCR-Katalysator 18 bemerkbar. Ein darauf folgendes Absinken der Temperaturen ist

zumindest teilweise auf energieverzehrende H_2O -Desorption zurückzuführen. Diese Adsorptions- und Desorptionserscheinungen erfolgen im nachgeschalteten Partikelfilter 19 verzögert, wie aus den in Fig. 4b dargestellten Verläufen der mit T_{61} bezeichneten Temperatur hervorgeht, welche auslassseitig des Partikelfilters 19 gemessen wurde.

Auslassseitig des Sperrkatalysators 21 gemessenen Temperaturverläufe sind hier als T_{71} bezeichnet und in Fig. 4c dargestellt. Der bei etwa 170 s einsetzende Temperaturanstieg konnte durch entsprechende Untersuchungen zumindest teilweise einer exothermen NO_x -Reduktion mit weiter stromauf freigesetzten HC als Reduktionsmittel zugeordnet werden.

Insgesamt ist aus den Figuren 4a bis 4c klar ersichtlich, dass sich in einem kaltstarteten WLTC-Test die zuvor entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens beschleunigt abgekühlte bzw. konditionierte Abgasreinigungsanlage 2 in Bezug auf die Temperaturverläufe an unterschiedlichen Stellen zumindest annähernd so verhält, wie eine vor dem Test auf natürliche Weise abgekühlte Abgasreinigungsanlage 2. Dasselbe gilt auch für den Motor 1 selbst, wie aus den in Fig. 4d und Fig. 4e dargestellten Verläufen der am Kühlwasserauslass 40 des Motors 1 ($T_{w\text{ aus}}$, Fig. 4d) und am Kühlwasserauslass des Ölkühlers 30 ($T_{öl}$, Fig. 4e) gemessenen Temperaturen hervorgeht. Das erfindungsgemäße Verfahren erweist sich daher als hervorragend geeignet, ein Gesamtsystem, umfassend Verbrennungsmotor und Abgasreinigungsanlage nach erfolgtem Emissionstest rasch zuverlässig und reproduzierbar herunterzukühlen und so zu konditionieren, dass bereits nach kurzer Zeit ein erneuter Kaltstartemissionstest gefahren werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Verbrennungsmotor
2	Abgasreinigungsanlage
3	Luftzufuhrleitung
4	Saugrohr
5	Abgasturbolader
6	Verdichter
7	Ladeluftkühler
8	Einlassluft-Drosselklappe
9	Abgaskrümmern
10	Abgasleitung
11	Turbine
12	Erster Konverter
13	Zweiter Konverter
14	Dritter Konverter
15	Abgasdrosselklappe
16	Elektrisches Heizelement
17	Oxidationskatalysator
18	Erster SCR-Katalysator
19	Partikelfilter
20	Zweiter SCR-Katalysator
21	Sperrkatalysator
22	Erste NH ₃ -Zugabevorrichtung
23	Zweite NH ₃ -Zugabevorrichtung
24	Luftzufuhr-Vorrichtung
25	HD-AGR-Leitung
26	AGR-Ventil
27	AGR-Kühler
28	Bypassleitung
29	Bypass-Drosselklappe
30	Ölkühler
31	Abgasauslass

35	Verbrennungsmotorsystem
40	Kühlmittelauslass
41	Erster Kühlmittelpfad
41a	Kühlerbypassleitung
42	Kühler
43	Lüfter
44	Erstes Dreiwege-Ventil
45	Zweites Dreiwege-Ventil
46	Externer Wärmetauscher
47	Erstes Rückschlagventil
48	Zweites Rückschlagventil
49	Zweiter Kühlmittelpfad
50	Kühlmittelpumpe
51	Kühlmitteleinlass
60 – 67	Temperaturverlaufskurven

Patentansprüche

1. Verfahren zur beschleunigten Konditionierung eines Verbrennungsmotorsystems (35) vor Durchführung eines Kaltstartemissionstests, wobei das Verbrennungsmotorsystem (35) einen Verbrennungsmotor (1) und eine an den Verbrennungsmotor (1) angeschlossene Abgasreinigungsanlage (2) aufweist, umfassend die nacheinander durchgeführten Schritte
 - Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage (2) derart, dass an Abgasreinigungskomponenten der Abgasreinigungsanlage (2) angelagerte Spezies entfernt werden,
 - Zwangskühlung des im Leerlauf betriebenen Verbrennungsmotors (1), und
 - Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage (2) bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor (1).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vorkonditionierung der Abgasreinigungsanlage (2) der Verbrennungsmotor (1) mit mittlerer Last betrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Vorkonditionierung die Abgasreinigungsanlage (2) eine vorgebbare Mindesttemperatur erreicht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Zwangskühlung des Verbrennungsmotors (1) ein Kühlmittel des Verbrennungsmotors (1) durch einen externen Wärmetauscher (46) geleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors (1) mit eingeschalteter Abgasrückführung erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors (1) beendet wird, wenn die
Temperatur des Kühlmittels am Austritt (40) aus dem Verbrennungsmotor (1)
einen Höchstwert von etwa 25 °C erreicht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zwangskühlung des Verbrennungsmotors (1) beendet wird, wenn eine
Temperatur einer vorbestimmten Abgasreinigungskomponente einen vorgegebe-
nen Mindestwert erreicht.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage (2) stromauf der ersten
Abgasreinigungskomponente der Abgasreinigungsanlage (2) trockene Luft in
eine Abgasleitung (10) der Abgasreinigungsanlage (2) eingeblasen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die trockene Luft stromab einer Abgasturbolader-Turbine (11) eingeblasen
wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zwangskühlung der Abgasreinigungsanlage (2) beendet wird, wenn
eine Temperatur der Abgasreinigungsanlage (2) einen Höchstwert von etwa
25 °C erreicht.

