

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50300/2021
(22) Anmeldetag: 22.04.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **G01M 15/10** (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
G01M 17/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2019191798 A1
US 2004226354 A1
US 3817100 A

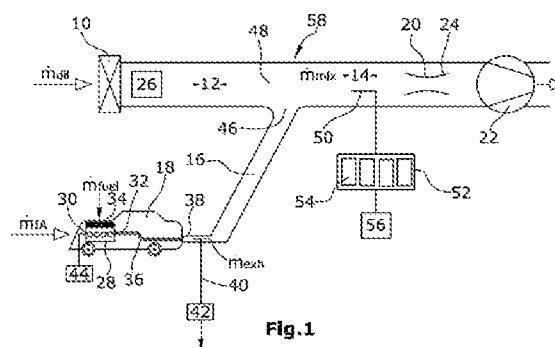
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Seewald Georg Dipl.-Ing. (FH)
8054 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Verfahren zur Bestimmung von Emissionen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine (28) mit einem ersten Gasanalysegerät (42) zur Messung der Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28), einem zweiten Gasanalysegerät (44) zur Messung der Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft an der Verbrennungskraftmaschine (28), und einer Vorrichtung (58), über die ein Abgasmassenstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) bestimmt wird, wobei erfindungsgemäß ein Kraftstoffmassenstrom bestimmt, ein Einlassluftmassenstrom durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms vom Abgasmassenstrom berechnet und eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine (28) emittierte Masse einer Komponente durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass (30) und am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) berechnet wird, wobei die Masse der Komponente am Einlass (30) aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Einlass (30) berechnet und die Masse der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) aus dem Abgasmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) ermittelt wird.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine (28) mit einem ersten Gasanalysegerät (42) zur Messung der Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28), einem zweiten Gasanalysegerät (44) zur Messung der Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft an der Verbrennungskraftmaschine (28), und einer Vorrichtung (58), über die ein Abgasmassenstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) bestimmt wird, wobei erfindungsgemäß ein Kraftstoffmassenstrom bestimmt, ein Einlassluftmassenstrom durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms vom Abgasmassenstrom berechnet und eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine (28) emittierte Masse einer Komponente durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass (30) und am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) berechnet wird, wobei die Masse der Komponente am Einlass (30) aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Einlass (30) berechnet und die Masse der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) aus dem Abgasmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) ermittelt wird.

Fig. 1

Verfahren zur Bestimmung von Emissionen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine mit einem ersten Gasanalysegerät, mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Auslass der Verbrennungskraftmaschine gemessen wird, mit einem zweiten Gasanalysegerät, mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft an der Verbrennungskraftmaschine gemessen wird und mit einer Vorrichtung, über die ein Abgasmassenstrom am Auslass der Verbrennungskraftmaschine bestimmt wird, sowie ein Verfahren zur Bestimmung der Emissionen eines Fahrzeugs mit einer Verbrennungskraftmaschine, mit einem ersten Gasanalysegerät, mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Abgasauslass des Fahrzeugs gemessen wird, mit einem zweiten Gasanalysegerät, mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft am Fahrzeug gemessen wird, und mit einer Vorrichtung, über die ein Abgasmassenstrom am Abgasauslass des Fahrzeugs bestimmt wird.

Zur Bestimmung der Emissionen von Fahrzeugen oder Verbrennungsmotoren werden Abgasmessanlagen und Verfahren genutzt, die in verschiedenen gesetzlichen Regelungen beschrieben werden. Zu den bekannten gesetzlichen Regelungen gehören beispielsweise die ECE-Richtlinie R 83 für den europäischen Raum oder der „Code of federal regulations“/Gesetz Nr.40 für den US-amerikanischen Raum. In diesen Regularien wird neben den Emissionsgrenzwerten auch die Art der Probenahme durch Anlagen mit variabler Verdünnung zur Messung der Emissionen größtenteils geregelt.

Häufig werden einer Constant Volume Sampling (CVS) Abgasanalyseanlagen genutzt, bei denen Abgas aus einer Abgasquelle in einen Abgaskanal eingeleitet wird, der in einen Mischkanal mündet, in den

auch ein Verdünnungsluftkanal, in den Verdünnungsluft gefördert wird, mündet. Ein erster Massenstrommesser ist am Mischkanal angeordnet, in dem das Abgas-Luftgemisch strömt, und mit dem ein Massenstrom des Abgas-Luftgemisches im Mischkanal der Abgasanalyseanlage gemessen wird, und ein zweiter Massenstrommesser ist am Verdünnungsluftkanal angeordnet, mit dem ein Massenstrom der in die Abgasanalyseanlage angesaugten Luft gemessen wird. Ein erstes Gasanalysegerät misst eine Konzentration eines Inhaltsstoffes des Abgas-Luftgemisches im Mischkanal kontinuierlich und/oder diskontinuierlich über Probebeutel für einen definierten Messzyklus. Ein zweites Gasanalysegerät wird verwendet, um die Konzentration des entsprechenden Inhaltsstoffes des reinen Abgasstroms zu messen. Bei diesen Anlagen wird dem Abgas immer so viel Luft beigemischt, dass ein weitestgehend konstanter Gesamt-Massenstrom des Luft-Abgas-Gemisches entsteht, welches durch eine kritisch betriebene Venturidüse am Ende des Mischkanals sichergestellt werden kann. Die über diese Anlagen in den Probebeuteln entnommenen Proben werden üblicherweise jeweils mehreren Gasanalysegeräten zugeführt und so die Schadstoffanteile analysiert. Insbesondere werden der Kohlendioxid-, der Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- sowie der Stickoxid-Anteil gemessen.

Zusätzlich sind Messgeräte bekannt, welche eine Analyse des Abgases unmittelbar stromabwärts des Endrohres des Verbrennungsmotors messen, also in einem Bereich, in dem das Abgas noch nicht verdünnt vorliegt. Eine solche Messung ist insbesondere bei geringen Emissionen erforderlich, wie sie insbesondere bei Hybridfahrzeugen entstehen, in denen in Phasen des elektrischen Antriebs keine Schadstoffe entstehen.

Die in den Abgasbeuteln gesammelten Proben sind entsprechend verdünnte Abgasproben, so dass eine Umrechnung auf den tatsächlich ausgestoßenen Abgasmassenstrom erforderlich ist, da eine korrekte direkte Messung des reinen Abgasmassenstroms derzeit nur mit erhöhtem Aufwand durchführbar ist. Um den Abgasmassenstrom zu bestimmen, wird dieser daher aus einem zu messenden Verdünnungsluftmassenstrom und dem

ebenfalls zu messenden Mischgasmassenstrom berechnet. Der Mischgasmassenstrom ist üblicherweise aufgrund der überkritisch betriebenen Venturidüse konstant und wird über einen ersten Massenstrommesser, der beispielsweise als kalibriertes Venturirohr, Laminar-Durchflussmesser oder kalibrierter Flügelraddurchflussmesser ausgeführt werden kann, gemessen. Der Verdünnungsluftstrom wird über einen zweiten Massenstrommesser gemessen, der beispielsweise als Ultraschalldurchflussmesser ausgeführt werden kann. Der erste Massenstrommesser ist dabei nach den gesetzlichen Vorschriften zu kalibrieren.

Beide Massenstrommesser sind je nach Gesetzgebung und Kundenanforderungen mit einer hohen Genauigkeit zu kalibrieren. Problematisch ist jedoch, dass der Abgasmassenstrom aus den beiden großen Volumenströmen des ersten und zweiten Massenstrommessers durch Differenzbildung zu bestimmen ist. Dies hat zur Folge, dass bei einer Abweichung der Messwerte der beiden Massenstrommesser in entgegengesetzte Richtungen je nach relativer Größe des Abgasstroms zum Gesamtstrom sehr große Messfehler im hohen zweistelligen oder sogar niedrigen dreistelligen Prozentbereich bezüglich des Abgasstroms entstehen können.

Aus diesem Grund wird in der WO 2019/191798 A1 ein Verfahren zur Kalibrierung eines Massenstrommessers in einer CVS-Anlage offenbart, bei dem die beiden Massenstrommesser aufeinander abgestimmt werden, um einen Drift in entgegengesetzte Richtungen zu vermeiden. Die Kalibrierung erfolgt, indem ein Kalibrierfaktor für den zweiten Massenstrommesser durch Vergleich einer ersten Kohlenstoffdioxidmasse, die über eine gemessene Kohlenstoffdioxidkonzentration im ersten Abgas-Luft-Gemisch über ein erstes Gasanalysegerät bestimmt wird, mit einer zweiten Kohlenstoffdioxidmasse, die in Abhängigkeit der gemessenen Kohlenstoffdioxidkonzentration des Abgasstromes, welche über ein zweites Gasanalysegerät gemessen wird und den Massenströmen der beiden

Massenstrommesser im Verdünnungsluftkanal und im Mischkanal bestimmt wird. Durch dieses Verfahren werden Abweichungen zwischen den beiden Massenstrommessern minimiert, ohne hierfür zusätzliche Geräte zu benötigen, so dass eine sehr genaue Bestimmung des Abgasmassenstroms möglich wird.

Da in Zukunft eine weitere Verschärfung der Gesetzgebung zu Abgasgrenzwerten zu erwarten ist, die wahrscheinlich in der Größenordnung der Immissionsgesetzgebung liegt, ist es erforderlich, einen Vergleich der angesaugten Gase mit den emittierten Gasen vornehmen zu können, um beurteilen zu können, welche Emissionen tatsächlich dem Fahrzeug beziehungsweise der Verbrennungskraftmaschine zuzuordnen sind. Dabei sollte für die Ansaugluft auch nicht die Zusammensetzung der Verdünnungsluft vorausgesetzt werden, da sich insbesondere bei Rollenprüfständen in Hallen, die Ansaugluft deutlich von der üblicherweise über das Dach angesaugte und gefilterte Verdünnungsluft unterscheidet.

Entsprechend besteht das Problem, für zukünftige Szenarien mit sehr geringen Schadstoffmengen, die im Fahrzeug entstehen, dennoch korrekte Messergebnisse zu ermitteln.

Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem auch mit einer bekannten CVS-Anlage eine Analyse der Abgaszusammensetzung ermöglicht wird und zusätzlich ermittelt werden kann, welche Schadstoffe bereits angesaugt wurden und welche tatsächlich erst im Fahrzeug beziehungsweise in der Verbrennungskraftmaschine produziert wurden.

Diese Aufgabe wird für die Messung an einer Verbrennungskraftmaschine durch die Merkmale des Anspruch 1 gelöst und für ein Fahrzeug durch die Merkmale des Anspruchs 2 gelöst.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird ein erstes Gasanalysegerät verwendet, mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes

des Abgases an einem Auslass der Verbrennungskraftmaschine gemessen wird. Hierbei kann es sich beispielweise um Infrarotdetektoren wie FTIR-Detektoren oder NDIR-Detektoren, die insbesondere zur Kohlenstoffdioxidmessung und Stickoxidmessung verwendet werden, handeln, aber auch um Quantenkaskadenlaser, Flammenionisationsdetektoren, Chemilumineszenzdetektoren oder paramagnetische Sauerstoffgasanalysatoren. Gleiches gilt für ein zweites Gasanalysegerät, mittels dessen die Konzentration zumindest eines gleichen Inhaltsstoffes in der Einlassluft an der Verbrennungskraftmaschine gemessen wird. Des Weiteren wird eine Vorrichtung verwendet, über die ein Abgasmassenstrom am Auslass der Verbrennungskraftmaschine bestimmt wird. Diese Vorrichtung kann insbesondere eine CVS-Anlage beinhalten. Erfindungsgemäß wird zusätzlich ein Kraftstoffmassenstrom bestimmt, und ein Einlassluftmassenstrom durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms vom Abgasmassenstrom berechnet. Des Weiteren wird eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine emittierte Masse einer Komponente durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass und am Auslass der Verbrennungskraftmaschine berechnet, wobei die Masse der Komponente am Einlass aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Einlass berechnet wird und die Masse der Komponente am Auslass der Verbrennungskraftmaschine aus dem Abgasmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Auslass der Verbrennungskraftmaschine ermittelt wird. Durch dieses Verfahren kann eine Gesamtbilanz über die Verbrennungskraftmaschine vorgenommen werden, die es ermöglicht für jede Komponente zu ermitteln, inwieweit und in welchen Mengen diese in der Verbrennungskraftmaschine entstanden ist. Wichtig hierbei ist, dass der Einlassluftmassenstrom in den meisten Fällen sehr schwierig oder gar nicht direkt gemessen werden kann und somit über die Differenz im System bestimmt wird, da andernfalls große Fehler durch Undichtigkeiten am

Ansaugfilter und in der Ansauganlage der Verbrennungskraftmaschine entstehen.

Bei der Bestimmung der Emissionen eines Fahrzeugs mit einer Verbrennungskraftmaschine, werden im Wesentlichen die gleichen Geräte verwendet, allerdings misst ein erstes Gasanalysegerät die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Abgasauslass des Fahrzeugs und nicht an der Verbrennungskraftmaschine. Auch wird nur ein Einlassluftmassenstrom am Fahrzeug durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms von einem Motorabgasmassenstrom berechnet, da sich im Abgassystem des Fahrzeugs Wasser absetzen kann, welches beim Verbrennungsprozess entsteht, jedoch nicht ausgeschieden wird, so dass sich der berechnete Abgasmassenstrom am Abgasauslass des Fahrzeugs vom entstandenen Abgasmassenstrom an der Verbrennungskraftmaschine unterscheidet. Der Motorabgasmassenstrom am Auslass der Verbrennungskraftmaschine wird bestimmt, indem ein Kohlenstoffdioxidanteil eines trockenen Abgasmassenstroms am Abgasauslass des Fahrzeugs bestimmt wird, und aus dem Verhältnis des Wassers zum Kohlendioxid bei der idealen Verbrennung auf einen Wassermassenstrom am Auslass der Verbrennungskraftmaschine geschlossen wird, der zur Berechnung des Motorabgasmassenstroms und im Folgenden zur Berechnung des Einlassluftmassenstroms verwendet wird. Dies kann erfolgen, indem der Wassermassenstrom im feuchten Abgas bestimmt wird und die Differenz dieses Wassermassenstroms vom Wassermassenstrom, der über die ideale Verbrennung ermittelt wurde, auf den feuchten Abgasmassenstrom aufaddiert wird. Eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine emittierte Masse einer Komponente wird dann durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass und am Abgasauslass des Fahrzeugs berechnet, wobei die Masse der Komponente am Einlass aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der

Komponente am Einlass berechnet wird und die Masse der Komponente am Abgasauslass des Fahrzeugs aus dem Abgasmassenstrom am Abgasauslass des Fahrzeugs und der gemessenen Konzentration der Komponente am Abgasauslass des Fahrzeugs berechnet wird. Auf diese Weise wird auch für ein Fahrzeug, in dessen Abgassystem sich das bei der Verbrennung entstehende Wasser zumindest teilweise sammelt, ein genauer Ansaugluftstrom bestimmt und daraus folgend auch eine genaue Berechnung der tatsächlich bei der Verbrennung entstandenen Komponenten möglich. Fehler durch das sich im Abgassystem sammelnde Wasser werden somit zuverlässig vermieden.

Vorzugsweise ist die Vorrichtung zum Ermitteln des Abgasmassenstroms am Auslass der Verbrennungskraftmaschine oder am Abgasauslass des Fahrzeugs eine Constant Volume Sampling (CVS) Abgasanalyseanlage, mit der ein Mischgasmassenstrom in einem Mischkanal, in den die Verdünnungsluft und der Abgasmassenstrom aus der Verbrennungskraftmaschine strömt, mittels eines ersten Massenstrommessers bestimmt wird, ein Verdünnungsluftmassenstrom in einem Verdünnungsluftkanal mittels eines zweiten Massenstrommessers gemessen wird, und eine Kohlenstoffdioxidkonzentration (c_{mixCO_2}) des Abgas-Luftgemisches im Mischkanal kontinuierlich und/oder diskontinuierlich über Probebeutel für einen definierten Messzyklus in einem dritten Gasanalysegerät gemessen wird. Ein Kalibrierfaktor (F_{Kal}) für den ersten Massenstrommesser wird durch Vergleich einer ersten Kohlenstoffdioxidmasse (m_{mixCO_2}) mit einer zweiten Kohlenstoffdioxidmasse (m_{exhCO_2}) bestimmt. Die erste Kohlenstoffdioxidmasse (m_{mixCO_2}) wird über die gemessene Kohlenstoffdioxidkonzentration (c_{mixCO_2}) im dritten Gasanalysegerät bestimmt, während die zweite Kohlenstoffdioxidmasse (m_{exhCO_2}) in Abhängigkeit der gemessenen Kohlenstoffdioxidkonzentration (c_{exhCO_2}) des Mischgasmassenstroms mittels des ersten Gasanalysegerätes und den Massenströmen ($\dot{m}_{Mix}$, $\dot{m}_{dil}$) der beiden Massenstrommesser

bestimmt wird. Anschließend wird ein Abgasmassenstrom durch Subtraktion des mittels des Kalibrierfaktors gewichteten Verdünnungsluftmassenstroms vom Mischgasmassenstrom bestimmt. Dieses Verfahren ermöglicht einen Abgleich der beiden Massenstrommesser, wodurch ein sich aufaddierender Messfehler bei der Berechnung des Abgasmassenstroms vermieden wird.

In einem hierzu weiterführenden Verfahren zur Bestimmung des Kalibrierfaktors (F_{Kal}) wird eine am dritten Gasanalysegerät ermittelte erste Kohlenstoffdioxidmasse (m_{mixCO_2}) gleichgesetzt mit einer zweiten Kohlenstoffdioxidmasse (m_{exhCO_2}), die errechnet wird, indem die Kohlenstoffdioxidkonzentrationen (c_{exhCO_2}) des ersten Gasanalysegerätes multipliziert mit der Differenz aus den Massenströmen ($\dot{m}_{Mix}$, $\dot{m}_{dil}$) des ersten Massenstrommessers und des mit einem Kalibrierfaktor (F_{Kal}) multiplizierten zweiten Massenstrommessers über die Zeit (t) integriert wird. Die entsprechende Formel hierzu lautet:

$$m_{mixCO_2} = \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - F_{Kal} \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exhCO_2} dt$$

Das Integral entspricht dabei dem Abgasmassenstrom, berechnet aus der Differenz des Gesamtmassenstroms und dem korrigierten Verdünnungsluftstrom multipliziert mit der Konzentration an CO₂, welche direkt am Abgasrohr kontinuierlich gemessen wird, welches anschließend über die Messzeit integriert wird und der Masse an CO₂ entsprechen muss, die am Ende des Mischrohres gemessen wird. So wird der Kalibrierfaktor in Abhängigkeit der Kohlenstoffdioxidkonzentrationen bestimmt, so dass Messwertfehler zwischen den beiden Massenstrommessern durch Gleichsetzung dieser errechneten CO₂-Masse am Abgasrohr mit der CO₂-Masse am Ende des Mischrohres minimiert werden, wobei die Masse am Ende des Mischrohres abhängig ist von dem mittels des ersten Massenstrommessers gemessenen Abgasstroms. Unabhängig von der

Anzahl der vorhandenen Messergebnisse werden gute Ergebnisse für den Kalibrierfaktor erzielt, wenn der Kalibrierfaktor für den zweiten Massenstrommesser durch Iteration bestimmt wird.

Vorzugsweise wird der Kraftstoffmassenstrom mittels eines Kraftstoffmassenstrommessers gemessen. Bei genauer Messung des eingespritzten Kraftstoffmassenstroms kann so auf einfache Weise auf den Ansaugluftstrom durch Subtraktion geschlossen werden.

Alternativ wird der Kraftstoffmassenstrom vorteilhafterweise mittels einer Kohlenstoffbilanz bestimmt, indem alle Kohlenstoffverbindungs Massen mittels des ersten Gasanalysegerätes bestimmt werden, daraus die eingebrachte Kohlenstoffmasse des Kraftstoffs berechnet wird, woraufhin aus der Kohlenstoffmasse und der bekannten chemischen Zusammensetzung des Kraftstoffs auf einen Kraftstoffmassenstrom geschlossen wird. Die Kohlenstoffmasse lässt sich über die jeweiligen Konzentrationen der kohlenstoffhaltigen Verbindungen sowie den Abgasmassenstrom bestimmen. Dieses Verfahren kann kostengünstig durchgeführt werden, da auf einen separaten Kraftstoffmassenstrommesser verzichtet werden kann.

Eine weitere alternative vorteilhafte Möglichkeit zur Bestimmung des Kraftstoffmassenstroms ist es, den Kohlenstoffdioxidstrom am Auslass der Verbrennungskraftmaschine zu bestimmen und durch Annahme einer idealen Verbrennung aus dem Kohlenstoffdioxidstrom auf den eingebrachten Kraftstoffmassenstrom zu schließen. Auch diese Art der Kraftstoffmassenstrombestimmung ist kostengünstig durchführbar.

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens zur Bestimmung der Emissionen eines Fahrzeugs wird aus dem berechneten Wasseranteil am Auslass der Verbrennungskraftmaschine und dem Kohlenstoffdioxidstrom am Abgasauslass des Fahrzeugs ein eingebrachter Kraftstoffmassenstrom

berechnet. Da ohnehin eine Messung und Annahme einer idealen Verbrennung zur Bestimmung des Wasserstroms notwendig ist, wird in diesem Fall ohne größeren Rechenaufwand auch ein Kraftstoffmassenstrom auf einfache Weise bestimmt.

Es wird somit ein Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine sowie eines Fahrzeugs mit einer Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung gestellt, mit dem es möglich wird, die in der Verbrennungskraftmaschine entstehenden Schadstoffmassen und nicht nur die von der Verbrennungskraftmaschine emittierten Massen exakt zu bestimmen, da die vorhandenen Immissionen des Fahrzeugs oder der Verbrennungskraftmaschine berücksichtigt werden. So kann auch für zukünftige Gesetzgebungen mit CVS-Anlagen die sehr geringen Schadstoffmengen, die im Fahrzeug entstehen, mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im Folgenden anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in den Figuren dargestellt ist, näher erläutert. Darin zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Abgasanalyseanlage mit einem Fahrzeug; und

Fig. 2 ein Diagramm mit Ergebnissen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Abgasanalyseanlage zur Durchführung des Verfahrens.

Die in der Fig. 1 dargestellte Abgasanalyseanlage ist eine CVS-Abgasanalyseanlage und besteht aus einem Luftfilter 10, über den ein Luftstrom in einen Verdünnungsluftkanal 12 gesaugt werden kann. Dieser Verdünnungsluftkanal 12 mündet in einen Mischkanal 14, in den zusätzlich

zum Verdünnungsluftkanal 12 auch ein Abgaskanal 16 mündet, über den ein Abgasstrom aus einem Fahrzeug 18 in den Mischkanal 14 gesaugt wird. Am Ende des Mischkanals 14 ist eine kritisch betriebene Venturidüse 20 ausgebildet, über die ein Mischgasstrom mittels eines Verdichters 22 durch den Mischkanal 14 gefördert wird. Aufgrund der kritisch betriebenen Venturidüse 20 wird unabhängig vom Abgasstrom immer ein gleicher Mischgasstrom gefördert. Somit dient die kritische betriebene Venturidüse 20 auch als erster Massenstrommesser 24, über den ein Massenstrom oder der Volumenstrom im Mischkanal 14 direkt gemessen werden kann, indem die kritisch betriebene Venturidüse gemeinsam mit den Messwerten für den Druck und die Temperatur genutzt werden, um in bekannter Weise einen Massenstrom im Mischkanal 14 zu berechnen. Im Verdünnungsluftkanal 12 befindet sich ein zweiter Massenstrommesser 26, über den der angesaugte Verdünnungsluftmassenstrom gemessen wird. Hierzu können beispielsweise Massenstrommesser genutzt werden, die das Ultraschall-Laufzeitdifferentialverfahren nutzen.

Im Fahrzeug 18 befindet sich eine Verbrennungskraftmaschine 28, die einen Einlass 30 und einen Auslass 32 aufweist und die über eine Einspritzvorrichtung 34 mit Kraftstoff zur Verbrennung versorgt wird. Vom Auslass 32 der Verbrennungskraftmaschine 28 führt ein Abgasstrang 36 zu einem Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18, der mit dem Abgaskanal 16 verbunden ist. Im Bereich des Abgasauslasses 38 zweigt vom Abgaskanal 16 ein Probenahmekanal 40 ab, der zu einem ersten Gasanalysegerät 42 führt, mittels dessen die Konzentrationen verschiedener Inhaltsstoffe des Abgasstroms, wie beispielsweise THC, NO/NO₂/NO_x, CO, CO₂, O₂, CH₄, N₂O, NH₃ und SO₂ direkt und kontinuierlich analysiert werden können. Hierzu können im ersten Gasanalysegerät 42 zumindest eines oder mehrere der folgenden Vorrichtungen angeordnet sein: Quantenkaskadenlaser, Flammenionisationsdetektoren, Chemilumineszenzdetektoren, paramagnetische Sauerstoffgasanalysatoren, und, insbesondere zur Kohlendioxidkonzentrationsmessung, Infrarotdetektoren (FTIR, NDIR) zur

Analyse des Mischgases. Des Weiteren wird am Einlass 30 der Verbrennungskraftmaschine 28 beziehungsweise des Fahrzeugs 18 eine Probe genommen, die über ein zweites Gasanalysegerät 44 analysiert werden kann. Hier können gleiche Messgeräte verwendet werden, wie am ersten Gasanalysegerät 42.

Ein Abgasmassenstrom aus dem Abgaskanal 16 und die Verdünnungsluft aus dem Verdünnungsluftkanal 12 werden an einer Mündung 46 des Abgaskanals 16 gemischt, wobei zur Verbesserung der Mischung mit der Verdünnungsluft nicht dargestellte Blenden oder besondere Einströmröhre verwendet werden können. Der Bereich stromabwärts der Mündung 46 bildet entsprechend einen Mischbereich 48, der als Anfang des Mischkanals 14 dient.

Stromabwärts dieses Mischbereichs 48, also nachdem eine möglichst gleichmäßige Durchmischung der Verdünnungsluft und des Abgases erfolgt ist, und stromaufwärts der Venturidüse 20 ragt oder ragen in den Mischkanal 14 eine oder mehrere Probenahmesonden 50, über die ein zu analysierender Mischstrom des Abgas-Luft-Gemischs entnommen werden kann. Der Mischstrom wird in einen Schrank 52 geleitet, in dem Probebeutel 54 angeordnet sind, die mit diesem Abgas-Luft-Gemisch befüllt werden. Die Probebeutel 54 sind mit einem dritten Gasanalysegerät 56 verbunden. Mittels der Messwerte des ersten Massenstrommessers 24 und der mittels des dritten Gasanalysegerätes 56 bestimmten Konzentration eines bestimmten Inhaltsstoffes im Mischgasstrom kann durch Integration über ein bestimmtes Zeitintervall eine Masse des analysierten Inhaltsstoffes im Mischgasstrom in bekannter Weise berechnet werden.

Um die Emissionen des Fahrzeugs 18 exakt bestimmen zu können, ist es notwendig, für alle relevanten Inhaltsstoffe eine Gesamtbilanz über das Fahrzeug 18 durchzuführen. Hierzu ist es notwendig, den

Einlassluftmassenstrom und den Abgasmassenstrom bestimmen zu können.

Da derzeit weder exakt arbeitende Abgasmassenstromsensoren bekannt sind noch am Fahrzeug ein genauer Einlassluftmassenstrom berechnet werden kann, da die Ansaug- und Filteranlage nicht vollständig dicht ist, ist es zunächst erforderlich, den Abgasmassenstrom durch Berechnung zu bestimmen. Eine Möglichkeit zur Berechnung des Abgasmassenstroms ist es, eine Differenz des Mischgasmassenstroms und des Verdünnungsluftstroms zu bilden, so dass die CVS-Anlage als Vorrichtung 58 zur Bestimmung eines Abgasmassenstroms am Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18 dient. Problematisch ist jedoch, dass es sich um zwei relativ große Massenströme handelt, aus denen ein kleiner Abgasmassenstrom berechnet werden soll, denn in einem solchen Fall treten große Fehler bei der Berechnung auf, da der Abgasmassenstrom bei Abweichungen der beiden Massenstrommesser 24, 26 in unterschiedliche Richtungen sehr fehlerbehaftet berechnet wird.

Aus diesem Grund ist es notwendig, den zweiten Massenstrommesser 26 zum ersten Massenstrommesser 24 zu kalibrieren, um diese sich multiplizierenden Messfehler zu vermeiden.

Hierzu wird erfindungsgemäß der zweite Massenstrommesser 26, der den Luftstrom misst, zum ersten Massenstrommesser 24, der den Luft-Abgas-Mischstrom misst, kalibriert, indem die Kohlenstoffdioxidmasse, die sich aus dem Massenstrom des dritten Gasanalysegeräts 56 ergibt, gleichgesetzt wird mit der Kohlenstoffdioxidmasse im Abgasstrom, die sich aus den Messwerten des ersten Gasanalysegerätes 42 ergibt.

Die Formel hierzu lautet:

$$m_{mix\text{CO}_2} = m_{exh\text{CO}_2} \text{ für eine definierte Messphase.}$$

Dabei ergibt sich m_{mixCO_2} direkt aus den Messwerten des dritten Gasanalysegerätes 56 sowie des ersten Massenstrommessers 24 im Mischkanal 14 zu:

$$m_{mixCO_2} = \int_0^t \dot{m}_{mix} \times c_{mixCO_2} dt,$$

wobei $\dot{m}_{mix}$ der Massenstrom des Abgas-Luftgemisches gemessen am ersten Massenstrommesser 24 ist und c_{mixCO_2} die am dritten Gasanalysegerät 56 ermittelte Kohlenstoffdioxidkonzentration ist.

Die zu bestimmende Kohlenstoffdioxidmasse im Abgaskanal 16 ergibt sich aus:

$$m_{exhCO_2} = \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - F_{Kal} \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exhCO_2} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{exh}} dt,$$

wobei $\dot{m}_{Mix} - F_{Kal} \times \dot{m}_{dil} = \dot{m}_{exh}$, also der Gasmassenstrom im Abgaskanal 16 ist, der sich errechnet aus der Differenz des Gasmassenstroms $\dot{m}_{Mix}$ im Mischkanal 14 und dem Verdünnungsluftmassenstrom $\dot{m}_{dil}$ im Verdünnungsluftkanal 12 multipliziert mit einem Kalibrierfaktor F_{Kal} , der bei exakt gleich messenden Massenstrommessern 24, 26 entsprechend 1 wäre.

c_{exhCO_2} ist die am ersten Gasanalysegerät 42 gemessene Kohlenstoffdioxidkonzentration im Abgaskanal 16. M_{CO_2} und M_{exh} sind die molaren Massen des Kohlenstoffdioxids und des Abgasstroms.

Im Folgenden wird einerseits ein Faktor $K_{dry2wet}$ genutzt, über den von einem trockenen Zustand auf den vorhandenen bzw. gemäß den Regularien definierten feuchten Zustand des Abgasstroms umgerechnet wird und andererseits der Faktor u_{CO_2} genutzt, der den Quotienten der Dichte des Kohlenstoffdioxids zur Dichte des Abgases bildet, so dass Dichteunterschiede ebenfalls berücksichtigt werden.

Die zu lösende Formel lautet dann:

$$m_{mixCO_2} = \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - F_{Kal} \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exhCO_2} \times K_{dry2wet} \times u_{CO_2} dt.$$

Um diese Formel aufzulösen und den Kalibrierfaktor F_{Kal} zu bestimmen, wird ein iteratives Verfahren angewendet, bei dem zunächst zwei Hilfskalibrierfaktoren festgelegt werden, welche einen gleichen Abstand vom Wert 1 haben, also beispielsweise 0,98 und 1,02 betragen. Für diese beiden Faktoren wird ein Vergleich zwischen den sich ergebenden Differenzen der Kohlenstoffdioxidmassen berechnet.

$$m_{mix_{CO_2}} - \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - 0,98 \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exh_{CO_2}} \times K_{dry2wet} \times u_{CO_2} dt = f(0,98);$$

$$m_{mix_{CO_2}} - \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - 1,02 \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exh_{CO_2}} \times K_{dry2wet} \times u_{CO_2} dt = f(1,02).$$

Diese Werte lassen sich konkret für beliebige Messzeiträume t errechnen und werden mittels einer linearen Gleichung $g(x)$ miteinander verbunden. Anschließend wird der Wert $g(0)$ für diese Gleichung ermittelt, wie dies auch in Figur 2 dargestellt ist.

Im Folgenden werden erneut zwei Hilfskalibrierfaktoren festgelegt, welche vom ermittelten Wert $g(0)$, der im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bei 1,005 liegt, lediglich den halben Abstand von dem aufweisen, was zu Beginn als Abweichung vom Wert 0 angenommen wurde. In diesem Fall somit einen Abstand von 0,01. Im Folgenden lauten somit die Gleichungen:

$$m_{mix_{CO_2}} - \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - 0,995 \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exh_{CO_2}} \times K_{dry2wet} \times u_{CO_2} dt = f(0,995);$$

$$m_{mix_{CO_2}} - \int_0^t (\dot{m}_{Mix} - 1,015 \times \dot{m}_{dil}) \times c_{exh_{CO_2}} \times K_{dry2wet} \times u_{CO_2} dt = f(1,015).$$

Diese beiden Werte werden erneut durch eine lineare Gleichung $g(x)$ miteinander verbunden und erneut für diese Gleichung $g(0)$ bestimmt und der so ermittelte Wert als Vorkalibrierfaktor definiert. Daraufhin wird das Fenster erneut halbiert und zwar um den Punkt $g(0)$.

Nach ca. fünf Iterationsschritten wird auf diese Weise ein sehr genaues Ergebnis für den Vorkalibrierfaktor erreicht, der dann als Kalibrierfaktor F_{Kal}

in den folgenden Messphasen genutzt wird. Entsprechend kann mit der Formel $\dot{m}_{Mix} - F_{Kal} \times \dot{m}_{dil} = \dot{m}_{exh}$ der Abgasmassenstrom über die Messwerte des Mischgasmassenstroms und des Verdünnungsluftstroms berechnet werden. Neben dem iterativen Verfahren zur Bestimmung des Nichtlinearitätsfaktors kann dieser gegebenenfalls auch durch eine Polynomialfunktion bestimmt werden.

Im Folgenden kann nun zur Bestimmung der Massen an Schadstoffen, die vom Fahrzeug produziert werden, eine Bilanz über das Fahrzeug berechnet werden. Dabei sind die eingehenden Massenströme der Ansaugluftmassenstrom $\dot{m}_{IA}$ und der Kraftstoffmassenstrom $\dot{m}_{fuel}$ und der austretende Massenstrom der zuvor berechnete $\dot{m}_{exh}$.

Für jede Komponente gilt nun, dass die vom Fahrzeug erzeugte Masse $m_{FZKomp} = m_{exhKomp} - m_{IAKomp}$ ist. Des Weiteren gilt, dass

$$m_{exhKomp} = \int_0^t (\dot{m}_{exh}) \times c_{exhKomp} \times \frac{M_{Komp}}{M_{exh}} dt$$

sowie

$$m_{IAKomp} = \int_0^t (\dot{m}_{IA}) \times c_{IAKomp} \times \frac{M_{Komp}}{M_{IA}} dt.$$

Der Einlassmassenstrom ist bei Fahrzeugapplikationen aufgrund von Undichtheiten im Ansaugsystem selten genau bestimmbar, sodass man diesen durch Berechnungen erhalten kann. Da also der Einlassluftmassenstrom nicht genau durch Messung zu bestimmen ist, ist auch hier eine Berechnung notwendig. Es folgt aus der Massenstrombilanz, dass $\dot{m}_{exh} - \dot{m}_{fuel} = \dot{m}_{IA}$ ist. Kann der Kraftstoffmassenstrom messtechnisch erfasst werden, ergibt sich der Ansaugluftmassenstrom aus der zuvor gezeigten Bilanzrechnung. Bei exakter Messung kann somit der Kraftstoffmassenstrom gemessen und in die Formel zur Bestimmung des Einlassluftmassenstroms eingesetzt werden.

Zumeist wird jedoch der Kraftstoffmassenstrom nicht exakt genug gemessen bzw. kann oder soll nicht direkt gemessen werden, so dass es erforderlich ist, diesen anders zu bestimmen.

Entsprechend kann die Berechnung erfolgen, indem der Kraftstoffmassenstrom mittels einer Kohlenstoffbilanz bestimmt wird. Hierzu werden alle Massen der Kohlenstoffverbindungen mittels des ersten Gasanalysegerätes 42 und des berechneten Abgasmassenstroms bestimmt und daraus die eingebrachte Kohlenstoffmasse des Kraftstoffs berechnet. Aus der Kohlenstoffmasse und der bekannten chemischen Zusammensetzung des Kraftstoffs kann dann zuverlässig auf einen Kraftstoffmassenstrom geschlossen werden.

Auch ist es möglich, den Kraftstoffmassenstrom am Auslass 32 der Verbrennungskraftmaschine 28 zu bestimmen, indem lediglich der Kohlenstoffdioxidstrom am Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18 bestimmt wird und durch Annahme einer idealen Verbrennung aus dem Kohlenstoffdioxidstrom auf den eingebrachten Kraftstoffmassenstrom geschlossen wird.

Es ist jedoch noch zu beachten, dass bei der Bestimmung des Einlassluftmassenstroms aus dem Abgasmassenstrom und dem Kraftstoffmassenstrom, der berechnete Abgasmassenstrom, dem Abgasmassenstrom am Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18 entspricht, während die Formel $\dot{m}_{exh} - \dot{m}_{fuel} = \dot{m}_{IA}$ nur für den Fall gilt, dass keine Masse im Bereich des Fahrzeugs 18 verbleibt und somit mit einem Abgasmassenstrom am Auslass 32 der Verbrennungskraftmaschine 28 gerechnet wird. Um den Abgasmassenstrom am Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18 in einen Motorabgasmassenstrom am Auslass 32 der Verbrennungskraftmaschine 28 umzurechnen, wird ein Kohlenstoffdioxidanteil, also eine Masse an Kohlendioxid im Abgasmassenstrom am Abgasauslass 38 des Fahrzeugs 18 mittels des

ersten Gasanalysegerätes 42 und des bereits errechneten Abgasmassenstroms entsprechend der Formel $m_{exh_{CO_2}} = \int_0^t (\dot{m}_{exh}) \times c_{exh_{CO_2}} \times \frac{M_{KCO_2}}{M_{exh}} dt$ bestimmt. Aus diesem Ergebnis ergibt sich unter der Annahme einer idealen Verbrennung ein Wassermassenstrom, der durch die Verbrennung unter Annahme einer idealen Verbrennung entsteht. Dieser muss zu einem trockenen Abgasstrom aufaddiert werden, um einen feuchten Motorabgasmassenstrom am Auslass 32 der Verbrennungskraftmaschine 28 zu berechnen, wobei der trockene Abgasmassenstrom aus dem Abgasmassenstrom am Abgasauslass 38 vermindert um den dort vorhandenen Wasseranteil, der über das erste Gasanalysegerät 42 bestimmt werden kann, berechnet wird, während der in der Ansaugluft vorhandene Wasseranteil aufzuaddieren ist, der über das zweite Gasanalysegerät 44 bestimmt werden kann.

Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass bei zukünftigen Schadstoffmessungen, bei denen gegebenenfalls der Anteil des Kohlenstoffdioxids am Auslass größenmäßig eher im Bereich des Anteils in der Ansaugluft zu erwarten ist, in der Bilanzierung des Kohlenstoffdioxids auch dessen Anteil in der angesaugten Luft zu ermitteln und zu berücksichtigen ist, welcher derzeit aufgrund der beträchtlichen Größenordnungsunterschiede vernachlässigt werden kann.

Der Einlassluftmassenstrom wird dann durch Differenz des Motorabgasmassenstroms und des Kraftstoffstroms berechnet. Wenn dieser Massenstrom bekannt ist, kann entsprechend zu jeder Komponente in der beschriebenen Weise mittels der Messwerte der Gasanalysegeräte 42, 44, 56 eine dem Fahrzeug 18 zuzuordnende Emission jeder chemischen Komponente berechnet werden.

Es sollte deutlich sein, dass die Erfindung nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel begrenzt ist. Insbesondere kann der

Kraftstoffmassenstrom auf verschiedene Arten bestimmt werden. Auch kann die Berechnung selbstverständlich auch für einen Verbrennungsmotor ohne Fahrzeug genutzt werden, wobei dann auf die Umrechnung zwischen den Abgasmassenströmen am Motorauslass und am Abgasauslass des Fahrzeugs verzichtet werden kann. Auch sind verschiedene Verfahren zur Bestimmung des Abgasmassenstroms am Auslass des Fahrzeugs denkbar.

Des Weiteren sollte klar sein, dass das in der Verdünnungsluft enthaltene Kohlenstoffdioxid, wie es gesetzlich vorgeschrieben ist, bei der Berechnung über den Verdünnungsfaktor abgezogen wird.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine (28)
mit einem ersten Gasanalysegerät (42), mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) gemessen wird,
mit einem zweiten Gasanalysegerät (44), mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft an der Verbrennungskraftmaschine (28) gemessen wird,
und mit einer Vorrichtung (58), über die ein Abgasmassenstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) bestimmt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Kraftstoffmassenstrom bestimmt wird,
ein Einlassluftmassenstrom durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms vom Abgasmassenstrom berechnet wird,
eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine (28) emittierte Masse einer Komponente durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass (30) und am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) berechnet wird, wobei die Masse der Komponente am Einlass (30) aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Einlass (30) berechnet wird und die Masse der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) aus dem Abgasmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) ermittelt wird.
2. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen eines Fahrzeugs (18) mit einer Verbrennungskraftmaschine (28),

mit einem ersten Gasanalysegerät (42), mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes des Abgases an einem Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) gemessen wird,
mit einem zweiten Gasanalysegerät (44), mittels dessen die Konzentration zumindest eines Inhaltsstoffes der Einlassluft am Fahrzeug (18) gemessen wird,
und mit einer Vorrichtung (58), über die ein Abgasmassenstrom am Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Kraftstoffmassenstrom bestimmt wird,
ein Einlassluftmassenstrom des Fahrzeugs (18) durch Subtraktion des Kraftstoffmassenstroms von einem Motorabgasmassenstrom berechnet wird, wobei
der Motorabgasmassenstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) bestimmt wird, indem ein Kohlenstoffdioxidanteil eines trockenen Abgasmassenstroms am Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) bestimmt wird, und aus dem Verhältnis des Wassers zum Kohlenstoffdioxid bei der idealen Verbrennung auf einen Wassermassenstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) geschlossen wird, der zur Berechnung des Motorabgasmassenstroms am Auslass (28) der Verbrennungskraftmaschine (28) aus dem berechneten Abgasmassenstrom am Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) verwendet wird,
wobei eine in einem definierten Zeitraum von der Verbrennungskraftmaschine (28) emittierte Masse einer Komponente durch Subtraktion der berechneten Masse der Komponente am Einlass (30)und am Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) berechnet wird, wobei die Masse der Komponente am Einlass (30) aus dem Einlassluftmassenstrom und der gemessenen Konzentration der Komponente am Einlass (30) berechnet wird und die Masse der

Komponente am Abgasausslass (38) des Fahrzeugs (18) aus dem Abgasmassenstrom am Abgasausslass (38) des Fahrzeugs (18) und der gemessenen Konzentration der Komponente am Abgasausslass (38) des Fahrzeugs (18) berechnet wird.

3. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Vorrichtung (58) zum Ermitteln des Abgasmassenstroms am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) oder am Abgasausslass (38) des Fahrzeugs (18) eine Constant Volume Sampling (CVS) Abgasanalyseanlage ist, mit der

ein Mischgasmassenstrom in einem Mischkanal (14), in den die Verdünnungsluft und der Abgasmassenstrom aus der Verbrennungskraftmaschine (28) strömt, mittels eines ersten Massenstrommessers (24) bestimmt wird,

ein Verdünnungsluftmassenstrom in einem Verdünnungsluftkanal (12) mittels eines zweiten Massenstrommessers (26) gemessen wird,

eine Kohlenstoffdioxidkonzentration des Abgas-Luftgemisches im Mischkanal (14) kontinuierlich und/oder diskontinuierlich über Probebeutel (54) für einen definierten Messzyklus in einem dritten Gasanalysegerät (56) gemessen wird,

wobei ein Kalibrierfaktor für den ersten Massenstrommesser (24) durch Vergleich einer ersten Kohlenstoffdioxidmasse, die über die gemessene Kohlenstoffdioxidkonzentration im dritten Gasanalysegerät (56) bestimmt wird, mit einer zweiten Kohlenstoffdioxidmasse, die in Abhängigkeit der gemessenen Kohlenstoffdioxidkonzentration des Mischgasmassenstroms mittels des ersten Gasanalysegerätes (42) und den Massenströmen der beiden Massenstrommesser (24, 26) bestimmt wird, und anschließend ein Abgasmassenstrom durch Subtraktion des mittels des Kalibrierfaktors gewichteten

Verdünnungsluftmassenstroms vom Mischgasmassenstrom bestimmt wird.

4. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

zur Bestimmung des Kalibrierfaktors eine am dritten Gasanalysegerät (56) ermittelte erste Kohlenstoffdioxidmasse gleichgesetzt wird mit einer zweiten Kohlenstoffdioxidmasse, die errechnet wird, indem die Kohlenstoffdioxidkonzentrationen des ersten Gasanalysegerätes (42) multipliziert mit der Differenz aus den Massenströmen des ersten Massenstrommessers (24) und des mit einem Kalibrierfaktor multiplizierten zweiten Massenstrommessers (26) über die Zeit integriert wird.

5. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Kraftstoffmassenstrom mittels eines Kraftstoffmassenstrommessers gemessen wird.

6. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Kraftstoffmassenstrom mittels einer Kohlenstoffbilanz bestimmt wird, indem alle Kohlenstoffverbindungs Massen mittels des ersten Gasanalysegerätes (42) bestimmt werden, daraus die eingebrachte Kohlenstoffmasse des Kraftstoffs berechnet wird, woraufhin aus der Kohlenstoffmasse und der bekannten chemischen Zusammensetzung des Kraftstoffs auf einen Kraftstoffmassenstrom geschlossen wird.

7. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kraftstoffmassenstrom bestimmt wird, indem der Kohlenstoffdioxidstrom am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) bestimmt wird und durch Annahme einer idealen Verbrennung aus dem Kohlenstoffdioxidstrom auf den eingebrachten Kraftstoffmassenstrom geschlossen wird.
8. Verfahren zur Bestimmung der Emissionen einer Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus dem berechneten Wasseranteil am Auslass (32) der Verbrennungskraftmaschine (28) und dem Kohlenstoffdioxidstrom am Abgasauslass (38) des Fahrzeugs (18) ein eingebrachter Kraftstoffmassenstrom berechnet wird.

-1/1-

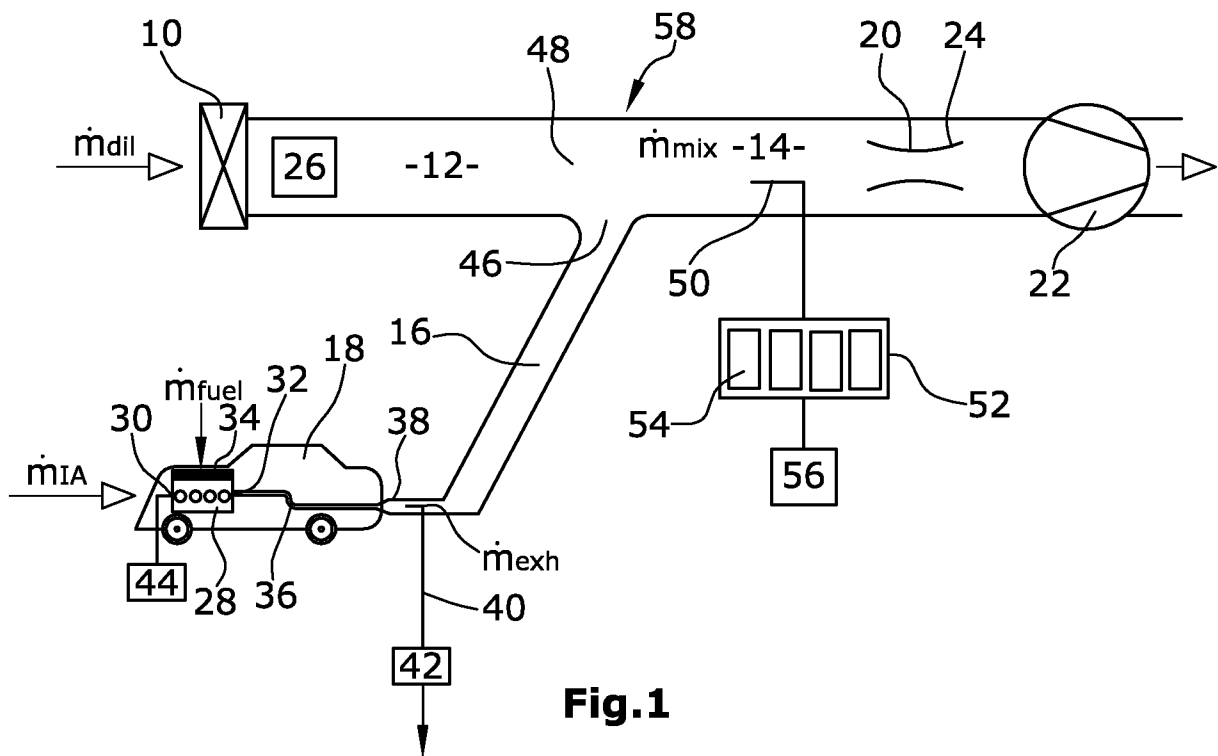


Fig.1

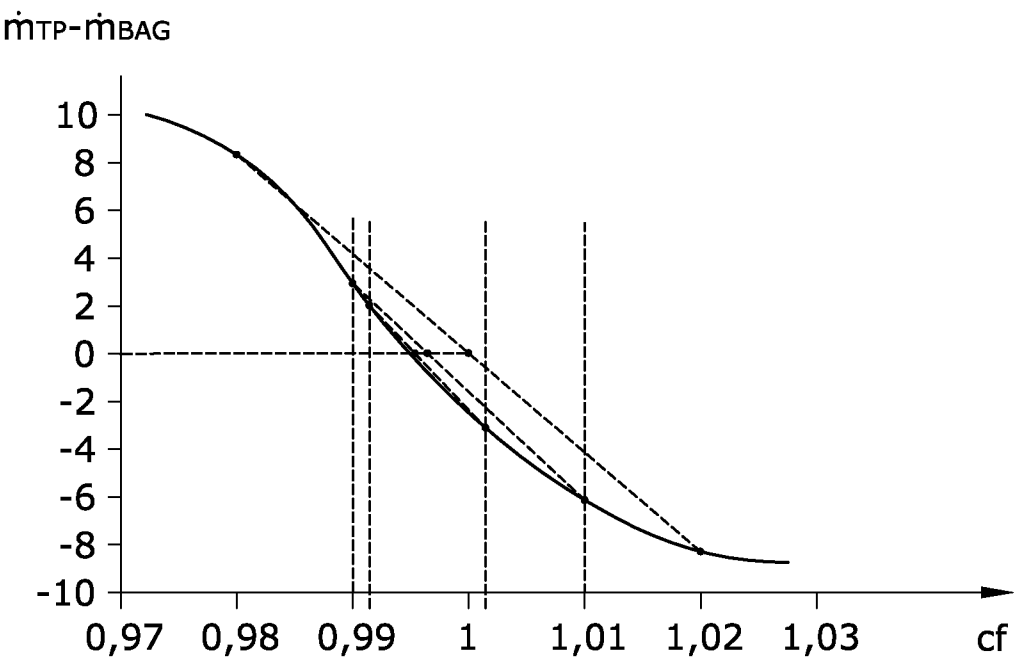


Fig.2