



(10) **DE 11 2010 004 962 T5** 2012.11.22

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2011/087550**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 004 962.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2010/054378**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.10.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **22.11.2012**

(51) Int Cl.: **F01N 3/02 (2012.01)**
F01N 13/08 (2012.01)
F01N 3/00 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
12/645,014 **22.12.2009** **US**

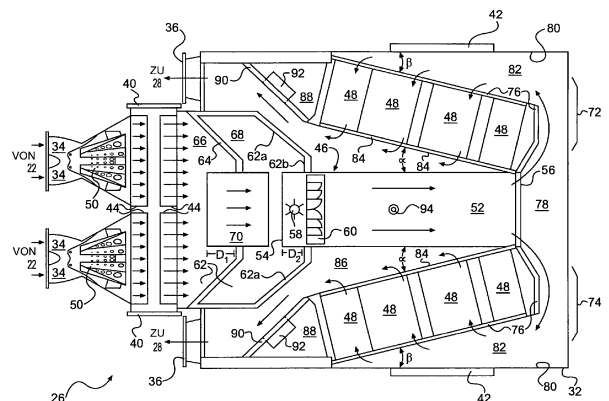
(72) Erfinder:
Isada, Raymond Upano, Peoria, Ill., US;
Roozenboom, Stephan D., Washington, Ill., US;
Pradhan, Rajdeep D., Edwards, Ill., US

(71) Anmelder:
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

(74) Vertreter:
KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 80687,
München, DE

(54) Bezeichnung: **Abgasanlage mit einem Nachbehandlungsmodul**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Nachbehandlungsmodul zur Benutzung mit einem Motor offenbart. Das Nachbehandlungsmodul kann eine Mehrzahl von Einlassöffnungen aufweisen, die dazu ausgebildet sind, Abgas in eine erste Strömungsrichtung in das Nachbehandlungsmodul zu leiten. Das Nachbehandlungsmodul kann auch einen Mischkanal aufweisen, der dazu ausgebildet ist, Abgas von der Mehrzahl von Einlassöffnungen zu empfangen, und einen mit dem Mischkanal in Fluidverbindung stehenden Verzweigungsdurchgang aufweisen. Der Verzweigungsdurchgang kann dazu ausgebildet sein, Abgas von dem Mischkanal in voneinander getrennte Ströme zu verzweigen, die das Nachbehandlungsmodul in eine zweite Strömungsrichtung verlassen, die der ersten Strömungsrichtung entgegen gerichtet ist.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung ist auf eine Abgasanlage und insbesondere auf eine Abgasanlage mit einem Nachbehandlungsmodul gerichtet.

Hintergrund

[0002] Verbrennungsmotoren wie Dieselmotoren, Benzinmotoren, Gasmotoren und andere im Stand der Technik bekannte Motoren stoßen eine komplexe Mischung von Luftschadstoffen aus. Diese Luftschadstoffe bestehen aus gasförmigen Verbindungen wie unter anderem Stickoxide (NO_x). Aufgrund des gewachsenen Bewusstseins gegenüber der Natur sind Abgasemissionsstandards strenger geworden, und die Menge an NO_x , die in die Atmosphäre durch einen Motor abgegeben wird, kann abhängig von dem Motortyp, der Motorgröße und/oder der Motorklasse geregelt werden.

[0003] Um die Regulierung bezüglich NO_x einzuhalten, haben einige Motorenhersteller eine selektive katalytische Reduktion (SCR) genannte Vorgehensweise eingeführt. SCR ist ein Abgasbehandlungsprozess, in dem ein Reduktionsmittel, am häufigsten Harnstoff ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) oder eine Wasser/Harnstoff-Lösung, selektiv in den Abgasstrom eines Motors eingespritzt und von einem stromabwärts gelegen Substrat adsorbiert wird. Die eingespritzte Harnstofflösung zerfällt zu Ammoniak (NH_3), welches mit NO_x in dem Abgas derart reagiert, dass Wasser (H_2O) und zweiatomiger Stickstoff (N_2) entsteht.

[0004] In einigen Anwendungen kann das für SCR-Zwecke genutzte Substrat sehr groß sein, um zu gewährleisten, dass es eine genügend große Oberfläche oder Effektivvolumen besitzt, um adäquate Mengen des Ammoniaks, welches für eine ausreichende Reduktion von NO_x benötigt wird, zu adsorbieren.

[0005] Diese großen Substrate können teuer sein und benötigen erhebliche Anteile des Raumes in der Abgasanlage des Motors. Zusätzlich muss das Substrat weit genug stromabwärts entfernt von der Einspritzstelle für die Harnstofflösung angeordnet sein, um der Harnstofflösung Zeit für eine Zersetzung in Ammoniakgas zu geben und sich zur effizienten Reduktion von NO_x gleichmäßig in dem Abgasstrom zu verteilen. Dieses Raumerfordernis kann ferner die Gehäusekonstruktionsschwierigkeiten der Abgasanlage vergrößern.

[0006] Der Abgasrückstaudruck, der durch die oben beschriebene Benutzung des SCR-Substrats hervorgerufen wird, kann in einigen Situationen problematisch sein. Insbesondere kann das SCR-Substrat eine Abgasströmung bis zu einem gewissen Grad be-

grenzen und dabei einen Anstieg des Drucks im den Motor verlassenden Abgas verursachen. Wenn dieser Abgasrückstaudruck zu groß ist, könnten das Luftansaugvermögen und nachfolgend die Leistung des Motors negativ beeinflusst werden. Daher sollten Messungen durchgeführt werden, um übermäßige Begrenzungen des Abgasstroms bei SCR-Implementation zu verhindern.

[0007] Die Abgasanlagen vieler Verbrennungsmotoren können auch mit Lärmdämpfungsvorrichtungen, wie beispielsweise Schalldämpfern, ausgestattet sein. Die Schalldämpfer sind typischerweise stromabwärts von den SCR-Substraten angeordnet, um übermäßigen Lärm des das Substrat verlassenden Abgasstroms zu dissipieren. Obwohl Schalldämpfer helfen können, Lärmverschmutzung etwas zu reduzieren, vergrößert die Aufnahme dieser seriell angeordneter Vorrichtungen häufig die Größe der Abgasanlage des Motors und daher die Schwierigkeit der Abgasanlagegehäusekonstruktion.

[0008] Die Abgasanlage der vorliegenden Offenbarung ist auf eine oder mehrere der oben genannten Erfordernisse gerichtet.

Zusammenfassung

[0009] Ein Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist auf ein Nachbehandlungsmodul gerichtet. Das Nachbehandlungsmodul kann eine Mehrzahl von Einlassöffnungen aufweisen, die dazu ausgebildet sind, Abgas in eine erste Strömungsrichtung in das Nachbehandlungsmodul zu leiten. Das Nachbehandlungsmodul kann auch einen Mischkanal aufweisen, der dazu ausgebildet ist, Abgas von der Vielzahl von Einlassöffnungen zu empfangen, und einen Verzweigungsdurchgang aufweisen, der in Fluidverbindung mit dem Mischrohr steht. Der Verzweigungsdurchgang kann dazu ausgebildet sein, Abgas von dem Mischrohr in voneinander getrennte Ströme zu verzweigen, die das Nachbehandlungsmodul in einer zweiten Strömungsrichtung verlassen, die der ersten Strömungsrichtung entgegengerichtet ist.

[0010] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist auf ein anderes Nachbehandlungsmodul gerichtet. Dieses Nachbehandlungsmodul kann eine Mehrzahl von Abgaseinlassöffnungen, und einen Zwischenströmungsbereich mit einer ersten Strömungsrichtung aufweisen, die dazu ausgebildet ist, Abgas von der Mehrzahl von Einlassöffnungen zu empfangen. Das Nachbehandlungsmodul kann auch eine erste Abgasbehandlungsvorrichtung aufweisen, die stromabwärts von der Mehrzahl von Einlassöffnungen und stromaufwärts von dem Zwischenströmungsbereich angeordnet ist, und einen Durchgang aufweisen, der dazu ausgebildet ist, Abgas von dem Zwischenströmungsbereich zu empfangen und Abgas in mehrere Strömungspfade in auf Bezug zu der

ersten Strömungsrichtung schrägen Winkeln zu verzweigen. Das Nachbehandlungsmodul kann zusätzlich eine zweite Abgasbehandlungsvorrichtung aufweisen, die stromabwärts von dem Durchgang angeordnet ist.

[0011] Ein dritter Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist auf eine Energieversorgungsanlage gerichtet. Die Energieversorgungsanlage kann einen Verbrennungsmotor aufweisen, der eine Mehrzahl von Zylindern und eine Mehrzahl von Abgaseinlassöffnungen aufweist, die dazu ausgebildet sind, Abgas von der Mehrzahl von Zylindern zu empfangen, und eine Mehrzahl von Oxidationskatalysatoren aufweist, die stromabwärts von der Mehrzahl von Einlassöffnungen angeordnet sind. Die Energieversorgungsanlage kann auch einen Mischkanal aufweisen, der dazu ausgebildet ist, Abgas von der Mehrzahl von Oxidationskatalysatoren zu empfangen, ein Reduktionsmitteleinspritzventil aufweisen, das in Fluidverbindung mit dem Mischkanal steht, und einen Mischer aufweisen, der in dem Mischkanal stromabwärts von dem Reduktionsmitteleinspritzventil angeordnet ist. Die Energieversorgungsanlage kann zusätzlich eine erste Reihe von SCR-Katalysatoren aufweisen, die radial außerhalb von dem Mischkanal angeordnet und dazu ausgebildet sind, Abgas von dem Mischkanal zu empfangen, und die in Bezug auf eine Längsachse des Mischkanals angewinkelt sind, um Abgas radial nach innen auf eine Seite des Mischkanals abzugeben, und eine zweite Reihe von SCR-Katalysatoren aufweisen, die radial außerhalb von dem Mischkanal angeordnet und dazu ausgebildet sind, Abgas von dem Mischkanal zu empfangen, und in Bezug auf eine Längsachse des Mischkanals angewinkelt sind, um Abgas radial nach innen auf eine Seite des Mischkanals abzugeben. Die Energieversorgungsanlage kann ferner eine Auslasskammer aufweisen, die den Mischkanal umgibt und dazu ausgebildet ist, Abgas von der ersten und zweiten Reihe von SCR-Katalysatoren zu empfangen, und eine Wand aufweisen, die in Bezug auf eine Seite der ersten Reihe von SCR-Katalysatoren in einem schrägen Winkel angeordnet ist, so dass zusammen mit der ersten Reihe von SCR-Katalysatoren mindestens teilweise ein Abgasdurchgang mit einer sich in Strömungsrichtung verkleinernden Strömungsfläche gebildet wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) ist eine bildliche Darstellung einer beispielhaft offenbarten Energieversorgungsanlage,

[0013] [Fig. 2](#) ist eine bildhafte Nahaufnahme der Darstellung der Energieversorgungsanlage aus [Fig. 1](#),

[0014] [Fig. 3](#) ist eine bildhafte Darstellung eines beispielhaft offenbarten Nachbehandlungsmoduls, das

zusammen mit der Energieversorgungsanlage aus [Fig. 1](#) genutzt werden kann,

[0015] [Fig. 4](#) ist eine Schnittbilddarstellung des Nachbehandlungsmoduls aus [Fig. 3](#), und

[0016] [Fig. 5](#) ist eine Querschnittsdarstellung des Nachbehandlungsmoduls aus [Fig. 3](#).

Detaillierte Beschreibung

[0017] [Fig. 1](#) zeigt eine beispielhafte Energieversorgungsanlage **10**. Für die Zwecke dieser Offenbarung ist die Energieversorgungsanlage **10** als ein Generatoraggregat dargestellt und beschrieben, welches einen Generator **12** aufweist, der durch einen Mehrzylinderverbrennungsmotor **14** angetrieben wird. Der Generator **12** und der Motor **14** können grundsätzlich in einem externen Rahmen **16** angeordnet und durch diesen getragen werden. Indes ist vorgesehen, dass, soweit gewünscht, die Energieversorgungsanlage **10** als jeglicher anderer Typ einer Energieversorgungsanlage ausgebildet sein kann wie ein Diesel-, Benzin- oder gasbetriebenen Motor, der mit einer beweglichen Maschine, wie zum Beispiel einer Lokomotive, oder einer stationären Maschine, wie zum Beispiel einer Pumpe, verbunden ist.

[0018] Mehrere voneinander getrennte Unteranlagen können in der Energieversorgungsanlage **10** vorgesehen sein, um die Energieerzeugung zu fördern. Beispielsweise kann die Energieversorgungsanlage **10** unter anderem eine Luftansauganlage **18** und eine Abgasanlage **20** aufweisen. Die Luftansauganlage **18** kann dazu ausgebildet sein, Luft oder ein Luft-/Kraftstoffgemisch in die Energieversorgungsanlage **10** für eine nachfolgende Verbrennung zu leiten. Die Abgasanlage **20** kann Nebenprodukte des Verbrennungsprozesses behandeln und in die Atmosphäre abgeben. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, können die Luftansaug- und die Abgasanlage **18**, **20** miteinander durch einen oder mehrere Turbolader **21** verbunden sein.

[0019] Die Abgasanlage **20** kann Komponenten aufweisen, die Abgas von den Zylindern des Motors **14** behandeln und in die Atmosphäre abgeben. Beispielsweise kann die Abgasanlage **20** ein oder mehrere Abgasdurchgänge **22** aufweisen, die in Fluidverbindung mit den Zylindern des Motors **14** stehen, eine oder mehrere Turbinen **24** aufweisen, die durch den durch die Durchgänge **22** strömenden Abgasstrom angetrieben werden, und ein verbundenes Nachbehandlungsmodul **26** aufweisen, um Abgas von den Durchgängen **22** zu empfangen und zu behandeln, nachdem dieses durch die Turbinen **24** geströmt ist. Wenn das heiße Abgas die Zylinder des Motors **14** durch die Turbinen **24** verlässt und sich in deren Schaufeln (nicht gezeigt) entspannt, können die Turbinen **24** rotieren und mit ihnen verbundene Verdichter **25** einer Luftansauganlage **18** antreiben, um

Ansaugluft zu verdichten. Das Nachbehandlungsmodul **26** kann Verbindungen des die Turbinen **24** verlassenden Abgases behandeln, aufbereiten und/oder anderweitig reduzieren, bevor das Abgas über ein oder mehrere Ablassdurchgänge **28** (nur in [Fig. 1](#) gezeigt, aus Klarheitsgründen aus [Fig. 2](#) entfernt) in die Atmosphäre abgelassen wird.

[0020] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, kann das Nachbehandlungsmodul **26** einen Grundträger **30**, ein grundsätzlich kastenförmiges Gehäuse **32**, ein oder mehrere Einlassöffnungen **34**, und ein oder mehrere Auslassöffnungen **36** aufweisen. Der Grundträger **30** kann beispielsweise aus einem Baustahl hergestellt und fest mit einem Rahmen **16** der Energieversorgungsanlage **10** (unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) verbunden sein. Das Gehäuse **32** kann beispielsweise aus geschweißtem Edelstahl hergestellt und mit dem Grundträger **30** derart verbunden sein, dass sich das Gehäuse **32** ein wenig relativ zu dem Grundträger **30** thermisch ausdehnen kann, wenn das Gehäuse **32** erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist. In einer Ausführungsform weist das Gehäuse **32** überdimensionierte Bohrungen oder Aussparungen (nicht gezeigt) auf, die dazu ausgebildet sind, mit einem Abstand mit den Verbindungselementen **38** des Grundträgers **30** in Eingriff zu gelangen. Die Einlassöffnungen **34** und die Auslassöffnungen **36** können an einem Ende des Gehäuses **32** angeordnet sein, so dass Abgasströme das Gehäuse **32** in einer Richtung die den Abgasströmen, die in das Gehäuse **32** einströmen, entgegengerichtet ist, verlassen können. Die Einlassöffnungen **34** können im Betrieb mit den Durchgängen **22** (unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#)) verbunden sein, während die Auslassöffnungen **36** im Betrieb mit den Durchgängen **28** (unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#)) verbunden sein können. Eine oder mehrere Zugangsblenden, beispielsweise ein Oxidationskatalysatorzugangsblendenpaar **40** und ein SCR-Katalysatorzugangsblendenpaar **42**, können an strategischen Positionen am Gehäuse **32** angeordnet sein, um einen Wartungszugang zu den Innenkomponenten des Nachbehandlungsmoduls **26** bereitzustellen.

[0021] Das Nachbehandlungsmodul **26** kann eine Mehrzahl von Abgasbehandlungsvorrichtungen aufnehmen. So zeigt beispielsweise [Fig. 4](#) ein Nachbehandlungsmodul **26**, das eine erste Nachbehandlungsvorrichtung aufnimmt, die aus einer oder mehreren Reihen von Oxidationskatalysatoren **44** besteht, eine zweite Nachbehandlungsvorrichtung aufnimmt, die aus einer Reduktionsmitteldosierungsanordnung **46** besteht, und eine dritte Nachbehandlungsvorrichtung aufnimmt, die aus einer oder mehreren Reihen von SCR-Katalysatoren **48** besteht. Es ist vorgesehen, dass das Nachbehandlungsmodul **26**, wie gewünscht, eine größere oder kleinere Anzahl von jeglichem im Stand der Technik bekannten Nachbehandlungsvorrichtungen aufweisen kann. Oxidationskatalysatoren **44** können stromabwärts von den

Einlassöffnungen **34** und, in einer Ausführungsform, auch stromabwärts von einem Diffusor **50**, der zu den Einlassöffnungspaaren **34** zugehörig ist, angeordnet sein. Die Reduktionsmitteldosierungsanordnung **46** kann stromabwärts von den Oxidationskatalysatoren **44** und stromaufwärts von den SCR-Katalysatoren **48** angeordnet sein.

[0022] Die Oxidationskatalysatoren **44** können beispielsweise Dieseloxidationskatalysatoren (DOC) sein. Die Oxidationskatalysatoren **44**, die als DOCs ausgebildet sind, können jeweils eine durchlässige Keramikwabenstruktur, ein Metallnetz, einen Metallschaum- oder Keramikschaum, oder ein anderes geeignetes Substrat aufweisen, das mit einem katalysierenden Werkstoff beschichtet ist oder diesen andernfalls enthält, zum Beispiel ein Edelmetall, das eine chemische Reaktion katalysiert, um eine Zusammensetzung des durch die Oxidationskatalysatoren **44** strömenden Abgases zu verändern. In einer Ausführungsform können die Oxidationskatalysatoren **44** Palladium, Platin, Vanadium, oder eine Mischung dieser aufweisen, die eine Umwandlung von NO zu NO₂ ermöglicht. In einer anderen Ausführungsform können die Oxidationskatalysatoren **44** alternativ oder zusätzlich Partikelabscheidfunktionen (das heißt, die Oxidationskatalysatoren **44** können katalysierende Partikelabscheider sein), Kohlenwasserstoffreduktionsfunktionen, Kohlenmonoxidreduktionsfunktionen und/oder andere in dem Stand der Technik bekannte Funktionen ausführen.

[0023] In der dargestellten Ausführungsform sind zwei voneinander getrennte Reihen von Oxidationskatalysatoren **44** offenbart, die derart angeordnet sind, um Abgas parallelförmig von den Einlassöffnungspaaren **34** zu empfangen. Jede Reihe von Oxidationskatalysatoren **44** kann zwei oder mehr Substrate aufweisen, die in Reihe angeordnet und dazu ausgebildet sind, Abgas von einem Einlassöffnungspaar **34** und einem verbundenen Diffusor **50** zu empfangen. In der dargestellten Ausführungsform ist der Diffusor **50** als ein Konus oder als mehrere konzentrische Konen ausgebildet, wobei jegliche Diffusorgeometrie, die im Stand der Technik bekannt ist, genutzt werden kann. In der Anordnung der [Fig. 1–Fig. 5](#) kann jeder Diffusor **50** dazu ausgebildet sein, Abgas, das von den Einlassöffnungspaaren **34** empfangen wurde, in eine im Wesentlichen einheitlichen Weise über eine Seite eines vorderen Substrats der zugehörigen Reihe von Oxidationskatalysatoren **44** zu verteilen. In einem Beispiel kann, wenn gewünscht, zwischen den Substraten einer einzelnen Reihe von Oxidationskatalysatoren **44** ein Raum existieren, wobei der Raum gleichzeitig die Abgasverteilung und Geräuschkämpfung fördert. Es ist vorgesehen, dass, wie gewünscht, in einem Nachbehandlungsmodul **26** jegliche Anzahl von Reihen von Oxidationskatalysatoren **44** mit jeglicher Anzahl von Substraten, die in

Reihe oder parallel angeordnet sind, genutzt werden können.

[0024] Die Reduktionsmitteldosiervorrichtung **46** kann einen Zwischenströmungsabschnitt ausbilden, der unter anderem einen Mischkanal **52** mit einem offenen Anströmende **54** aufweist, das in Fluidverbindung mit den Oxidationskatalysatoren **44** steht, und ein offenes Abströmende **56** aufweist, das in Fluidverbindung mit den SCR-Katalysatoren **48** steht. Ein Reduktionsmitteleinspritzventil **58** kann am oder nahe dem offenen Anströmende **54** angeordnet und dazu ausgebildet sein, Reduktionsmittel in das durch den Mischkanal **52** strömende Abgas einzuspritzen. Ein gasförmiges oder flüssiges Reduktionsmittel, am häufigsten eine Wasser-/Harnstofflösung, Ammoniak, verflüssigtes wasserfreies Ammoniak, Ammoniumcarbonat, ein Aminsalz, oder ein Kohlenwasserstoff wie beispielsweise Dieselkraftstoff, kann in das den Mischkanal **52** durchströmende Abgas eingespritzt oder anderweitig vorteilhaft hinzugefügt werden.

[0025] Die Reduktionsmitteleinspritzventile **58** können stromaufwärts beabstandet von den SCR-Katalysatoren **48** und an einem Einlassabschnitt des Mischkanals **52** angeordnet sein, um dem eingespritzten Reduktionsmittel genügend Zeit zum Mischen mit dem Abgas aus der Energiequelle **10** zur Verfügung zu stellen und sich ausreichend zu zersetzen, bevor es in die SCR-Katalysatoren **48** eintritt. Das heißt, eine gleichmäßige Verteilung von genügend zersetztem Reduktionsmittel in dem Abgas, das durch die SCR-Katalysatoren **48** strömt, kann die NO_x -Reduktion darin erhöhen. Der Abstand zwischen den Reduktionsmitteleinspritzventilen **58** und den SCR-Katalysatoren **48** (das heißt, die Länge des Mischkanals **52**) kann auf einer Durchflussmenge des die Energiequelle **10** verlassenden Abgases und/oder einer Querschnittsfläche des Mischkanals **52** beruhen. In dem in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Beispiel kann sich der Mischkanal **52** entlang einem Großteil einer Länge des Gehäuses **32** erstrecken, wobei das Reduktionsmitteleinspritzventil **58** am offenen Anströmende **54** angeordnet ist.

[0026] Um die Verbindung des Reduktionsmittels mit dem Abgas zu verbessern, kann ein Mischer **60** in dem Mischkanal **52** angeordnet sein. In einer Ausführungsform ist der Mischer **60** stromabwärts von dem Reduktionsmitteleinspritzventil **58** angeordnet und kann Schaufeln oder Blätter aufweisen, die angeschrägt sind, um eine drallförmige Bewegung des Abgases zu erzeugen, wenn dieses durch den Mischkanal **52** strömt.

[0027] In einer Ausführungsform kann die Dämpfungskammer **62** eine Fluidverbindung zwischen einer Auslassöffnung der Oxidationskatalysatoren **44** und dem offenen Anströmende **54** des Mischkanals

52 herstellen. In dem in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Beispiel kann die Dämpfungskammer **62** Abströmseitenwände **62a** aufweisen, die zu dem offenen Anströmende **54** des Mischkanals **52** hin geneigt sind, damit sich das Abgas trichterförmig in den Mischkanal **52** erweitern kann. Die Dämpfungskammer **62** kann auch einen Teil **64** aufweisen, der in einigen Ausführungsformen die Dämpfungskammer **62** in seriell angeordnete erste und zweite Räume **66, 68** teilt. Ein Rohr **70** kann den ersten Raum **66** mit dem zweiten Raum **68** in Fluidverbindung setzen. Um die Geräuschdämpfung in dem ersten und zweiten Raum **66, 68** zu erhöhen, kann das Rohr **70** über eine Strecke D_1 in den ersten Raum **66** hineinragen, die ungefähr gleich der Hälfte einer Strecke von einem nachfolgend angeordneten Substrat der Oxidationskatalysatoren **44** zu dem Teil **64** beträgt, und das Mischrohr **52** kann ebenfalls in den zweiten Raum **68** über eine Strecke D_2 hineinragen, die ungefähr die Hälfte einer Strecke von dem Teil **64** zu einer Abströmendwand **62b** der Dämpfungskammer **62** beträgt. In einem Beispiel kann die Gesamtlänge des Rohrs **70** ungefähr zweimal der Strecke D_1 entsprechen.

[0028] Das Nachbehandlungsmodul **26** kann erste und zweite Reihen **72, 74** von SCR-Katalysatoren **48** aufweisen, wobei jede der ersten und zweiten Reihen **72, 74** eine Mehrzahl von SCR-Katalysatoren **48** aufweist, die in Bezug aufeinander parallel angeordnet sind. In der in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsform weist jede der ersten und zweiten Reihen **72, 74** sechs SCR-Katalysatoren **48** auf, die miteinander in einem gemeinsamen Halterungsrahmen **76** montiert sind. Indes ist vorgesehen, dass jegliche Anzahl von SCR-Katalysatoren in dem Nachbehandlungsmodul **26** und in jeglicher Anzahl von Reihen gehalten werden können.

[0029] Jeder der ersten und zweiten Reihe **72, 74** von SCR-Katalysatoren **48** kann radial außerhalb von dem Mischkanal **52** angeordnet sein, und in Bezug auf eine Längsachse des Mischkanals **52** in einem schrägen, spitzen Winkel α (nur in [Fig. 5](#) gezeigt) positioniert sein. In einem Beispiel kann Winkel α in dem Bereich von ungefähr $10\text{--}45^\circ$ liegen. Ein Durchgang **78**, der an einem gegenüber der Einlassöffnungen **34** angeordneten Ende des Gehäuses **32** angeordnet ist, kann sich verzweigen und das den Mischkanal **52** verlassende Abgas radial nach außen auf die sich gegenüberliegenden Seitenwände **80** des Gehäuses **32** leiten. Jede Seitenwand **80** kann in Bezug auf eine Anströmseite einer Reihe der ersten und zweiten Reihen **72, 74** der SCR-Katalysatoren **48** in einem schrägen, spitzen Winkel β (nur in [Fig. 5](#) gezeigt) angeordnet sein, so dass jede Seitenwand **80** zusammen mit der verbundenen Reihe der ersten und zweiten Reihen **72, 74** der SCR-Katalysatoren **48** einen Durchgang **82** ausbildet, der sich von einem stromaufwärts angeordneten SCR-Katalysator der SCR-Katalysatoren **48** zu einem stromabwärts angeordneten SCR-

Katalysator der SCR-Katalysatoren **48** hin erstreckt und einen sich verringernden Querschnitt entlang der Strömungsrichtung hat. In einem Beispiel kann der Winkel β in dem Bereich von $10\text{--}45^\circ$ liegen. Die sich verringernde Querschnittsfläche des Durchgangs **82** kann einen sich vergrößernden Widerstand gegen den durchströmenden Abgasstrom erzeugen, der zu einer im Wesentlichen gleichmäßigen Verteilung des Abgases zu allen SCR-Katalysatoren **48** führt.

[0030] Jeder SCR-Katalysator **48** kann im Wesentlichen identisch in der Form, Größe, und Zusammensetzung sein. Insbesondere kann jeder SCR-Katalysator **48** ein grundsätzlich zylindrisches Substrat aufweisen, das hergestellt aus oder beschichtet ist mit einem Keramikwerkstoff wie beispielsweise Titanoxid, einem Basismetalloxid wie beispielsweise Vanadium und Wolfram, Zeolithe und/oder einem Edelmetall. In dieser Zusammensetzung kann das zersetzte Reduktionsmittel, das in dem durch den Mischkanal **52** und die Durchgänge **78**, **82** strömende Abgas enthalten ist, auf der Oberfläche adsorbiert und/oder in einem der SCR-Katalysatoren **48** absorbiert werden, in welchem das Reduktionsmittel mit NOx (NO und NO₂) in dem Abgas reagiert, um Wasser (H₂O) und zweiatomigen Stickstoff (N₂) zu bilden.

[0031] Zusätzlich zum Halten der SCR-Katalysatoren **48** kann der Halterungsrahmen **76** auch dazu genutzt werden, Lärm zu dämpfen. Insbesondere kann jeder Halterungsrahmen **76** eine oder mehrere Dämpfungskavitäten **84** aufweisen, die zwischen den SCR-Katalysatoren **48** einer einzelnen Reihe der ersten und zweiten Reihen **72**, **74** ausgebildet sind. Jede der Dämpfungskavitäten **84** kann ein erstes Ende aufweisen, das an einer Anströmseite der entsprechenden Reihe **72**, **74** von SCR-Katalysatoren **48** geschlossen ist, und ein zweites Ende aufweisen, das an einer Abströmseite der entsprechenden Reihe **72**, **74** geöffnet ist. In dieser Konfiguration kann Schall von stromabwärts der SRC-Katalysatoren **48** in die Dämpfungskavitäten **84** gelangen, darin reflektiert und dissipiert werden, ohne dass es unbehandeltem Abgas ermöglicht wird, um die SCR-Katalysatoren **48** heranzuströmen.

[0032] Das Gehäuse **32** kann zusammen mit den ersten und zweiten Reihen **72**, **74** von SCR-Katalysatoren **48** und den Stirnwänden **62a** der Dämpfungskammer **62** eine Auslasskammer **86** ausbilden, die den Mischkanal **52** ringförmig umgibt. In einer Ausführungsform kann ein Raum um eine gesamten Außenseite des Mischkanals **52** freigehalten werden, so dass die Auslasskammer **86** radial nach innen gerichtete Abgasströme von allen SCR-Katalysatoren **48** der ersten und zweiten Reihen **72**, **74** empfangen und vereinigen kann. Die Auslasskammer **52** kann dann das Abgas wieder in zwei voneinander getrennte Ströme teilen, die über die Auslassöffnungen **36** das Nachbehandlungsmodul **26** verlassen.

[0033] Eine Auslassdämpfungskammer **88** kann stromabwärts von der Auslasskammer **86** und nahe einer der Auslassöffnungen **36** angeordnet sein. Jede Auslassdämpfungskammer **88** kann zumindest teilweise durch einen Bereich der Seitenwand **80**, einem Ende des Halterungsrahmens **76**, und einer Wand **90**, die in einem Winkel zwischen der Seitenwand **80** und dem Halterungsrahmen **76** angeordnet ist, ausgebildet werden. In der in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsform kann jede Auslassdämpfungskammer **88** eine im Wesentlichen dreieckige Querschnittsfläche aufweisen, so dass die Raumausnutzung innerhalb des Nachbehandlungsmoduls **26** vergrößert werden kann. Indes sollte beachtet werden, dass die Dämpfungskammer **88**, wenn gewünscht, auch eine andere Form aufweisen kann. Ein separater Durchgang **92** kann eine Strecke in jede Dämpfungskammer **88** hineinragen, um eine Fluidverbindung zwischen jeder Auslassdämpfungskammer **88** und einem austretenden Strom des Abgases herzustellen, wobei die Strecke des Hineinragens derart gewählt wird, um die Lärmdämpfung zu erhöhen.

[0034] Ein NOx-Sensor **94** kann untergebracht werden, um eine NOx-Konzentration in dem die SCR-Katalysatoren **48** verlassenden Abgas zu bestimmen. In einem Beispiel kann der NOx-Sensor **94** in Fluidverbindung mit der Auslasskammer **86** stehen, so dass die NOx-Konzentration in allen Strömen des durch das Nachbehandlungsmodul **26** strömenden Abgases überwacht werden kann. Beispielsweise kann NOx-Sensor **94** an einer Außenfläche des Mischkanals **52** angeordnet sein. Der NOx-Sensor **94** kann ein Signal erzeugen, das auf die NOx-Konzentration in dem durch die Auslasskammer **86** strömenden Abgas schließen lässt, und das Signal zu einem Abgas- oder einem Energieversorgungssteuergerät (nicht gezeigt) weiterleitet. Das Steuergerät kann dann reaktiv Parameter des Motors und/oder des Nachbehandlungsvorgangs anpassen, wie eine Mengenanpassung des eingespritzten Reduktionsmittels, so dass die NOx-Konzentration unter vorgeschriebenen Grenzwerten bleibt. Es ist vorgesehen, dass der NOx-Sensor **94** alternativ stromaufwärts der SCR-Katalysatoren **48** angeordnet sein kann, zum Beispiel, wenn gewünscht, auf einer Innenfläche des Mischkanals **52**.

[0035] [Fig. 5](#) zeigt einen Abgasstrom durch das Nachbehandlungsmodul **26**. [Fig. 5](#) wird in größerem Detail in dem nachfolgenden Abschnitt diskutiert werden, um das offenbarte Nachbehandlungsmodul und dessen Betrieb zu veranschaulichen.

Gewerbliche Anwendbarkeit

[0036] Das Nachbehandlungsmodul der vorliegenden Offenbarung kann in jeglicher Energieversorgungsanlagenanordnung angewendet werden, die

eine Behandlung von Abgasbestandteilen erfordert und in denen Komponentengröße, Rückstaudruck, und Lärmdämpfung wichtige Punkte sind. Das offenbarte Nachbehandlungsmodul kann die Gehäusegrößen ausnutzung verbessern, indem mehrere kleine Reduktionsvorrichtungen verwendet werden und der zur Verfügung stehende Raum für unterschiedliche Zwecke (zum Beispiel zur Reduktion von Bestandteilen und Lärmdämpfung) genutzt wird, während noch immer ein angemessener Raum für den Zerfall des Reduktionsmittels und eine gleichmäßige Verteilung des Abgasstroms und des Reduktionsmittels über geeignete Katalysatoren bereitgestellt wird. Das offenbarte Nachbehandlungsmodul kann auch einen niedrigen Rückstaudruck dadurch aufrecht erhalten, dass der Abgasstrom begrenzt wird. Nachfolgend wird der Betrieb der Energieversorgungsanlage **10** beschrieben.

[0037] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird eine Luftansauganlage **18** gezeigt, welche Luft oder eine Mischung von Kraftstoff und Luft verdichten und in die Zylinder des Motors **14** für eine nachfolgende Verbrennung leiten kann. Die Kraftstoff- und Luftmischung kann durch den Motor **14** verbrannt werden, um eine mechanische Rotation zu generieren, die einen Generator **12** antreibt und einen Abgasstrom heißer Gase erzeugt. Der Abgasstrom kann eine komplexe Mischung von Luftschadstoffen enthalten, die unter anderem Stickoxide (NO_x) enthalten können. Das Abgas kann durch die Turbinen **24** und die Durchgänge **22** zu dem Nachbehandlungsmodul **26** geleitet werden.

[0038] Das Abgas kann von den Durchgängen **22** über vier unterschiedliche Einlassöffnungen **34** in das Nachbehandlungsmodul **26** strömen. Die Einlassöffnungen **34** können derart miteinander gepaart sein, dass ein Strom von zwei Einlassöffnungen **34** durch einen einzelnen gemeinsamen Diffusor **50** zu einer zugeordneten Reihe von Oxidationskatalysatoren **44** strömt. Die Diffusoren **50** können dabei helfen, einströmendes Abgas gleichmäßig über die Flächen der Oxidationskatalysatoren **44** zu verteilen. Wenn das Abgas durch die Oxidationskatalysatoren **44** strömt, kann ein Teil des NO in dem Abgas zu NO_2 umgewandelt werden. Alternativ oder zusätzlich können Feinstaub, Kohlenwasserstoffe und/oder Kohlenmonoxide in den Oxidationskatalysatoren **44** abgeschieden, umgewandelt und/oder reduziert werden.

[0039] Nachdem das Abgas die Oxidationskatalysatoren **44** durchquert hat, kann es in den ersten Raum **66** der Dämpfungskammer **62** und durch das Rohr **70** in den zweiten Raum **68** strömen. Wenn das Abgas durch den ersten und zweiten Raum **66, 68** strömt, kann mit dem Strom verbundener Schall darin reflektiert und dissipiert werden. Das Hineinragen des Rohrs **70** und des Mischkanals **52** in den ersten beziehungsweise zweiten Raum **66, 68** kann die Dämp-

fungswirkung des ersten und zweiten Raums **66, 68** vergrößern.

[0040] Den zweiten Raum **66** verlassendes Abgas kann trichterförmig in den Mischkanal **52** geleitet werden, wo Drall und/oder Turbulenzen des Abgases durch den Mischer **60** gefordert werden können. Das Reduktionsmittel kann in den Strom stromaufwärts vom Mischer **60** eingespritzt werden. Während des drallförmigen und/oder turbulenten Stroms des Abgases und des Reduktionsmittels entlang der Länge des Mischkanals **52**, kann die Mischung sich weiter homogenisieren und das Reduktionsmittel anfangen, sich zu zersetzen. Zu dem Zeitpunkt, in dem die Mischung die SCR-Katalysatoren **48** erreicht, sollte der Großteil des Reduktionsmittels für Reduktionszwecke in den SCR-Katalysatoren **48** zersetzt sein.

[0041] Der Durchgang **78** kann Abgas vom Mischkanal **52** radial nach außen auf die Seitenwände **80** des Gehäuses **32** und in die parallelen Durchgänge **82** leiten. Aufgrund der sich verringernenden Strömungsfläche der Durchgänge **82**, kann das Abgas dazu gezwungen werden, durch alle SCR-Katalysatoren **48** in einer im Wesentlichen gleichen Weise zu strömen. Wenn das Abgas durch die SCR-Katalysatoren **48** strömt, kann NO_x mit dem Reduktionsmittel reagieren und zu Wasser und zweiatomigem Stickstoff reduziert werden. Das Abgas kann die SCR-Katalysatoren **48** in die Auslasskammer **86** verlassen. Aufgrund eines zwischen einer Außenseite des Mischkanals **52** und den Wänden des Gehäuses **32** beibehaltenen Freiraums, kann sich das die SCR-Katalysatoren **48** von unterschiedlichen Reihen **72, 74** verlassende Abgas wieder in der Auslasskammer **86** vereinigen. Die NO_x -Konzentration der Abgasmischung, die sich in der Auslasskammer **86** wiedervereinigt, kann durch den NO_x -Sensor **94** bestimmt werden.

[0042] Der mit dem Strom des Abgases im Nachbehandlungsmodul **26** verbundene Lärm kann, sowohl wenn der Abgasstrom in die Auslasskammer **86** eintritt als auch aus dieser austritt, gedämpft werden. Insbesondere kann dem Lärm ermöglicht werden, von den Abströmseiten der SCR-Katalysatoren **48** in die Dämpfungskavitäten **84** einzutreten, reflektiert zu werden und in den Dämpfungskavitäten **84** zu dissipieren. Zusätzlich kann, kurz bevor das Abgas aus dem Nachbehandlungsmodul **26** über die Auslassöffnungen **36** austritt, mit dem Austritt verbundener Lärm des Abgasstroms in die Kammer **88** eintreten, wo der Lärm wiederum reflektiert und dissipiert werden kann. Das Abgas kann dann von dem gleichen Ende des Nachbehandlungsmoduls **26** austreten, wie es in das Nachbehandlungsmodul **26** in entgegen gesetzter Richtung ursprünglich eingetreten ist.

[0043] Das Nachbehandlungsmodul **26** kann eine gleichmäßige Abgasverteilung und eine ausreichen-

de Reduktionsmittelersetzung fördern. Beispielsweise können die Diffusoren **50** dabei helfen, Abgas gleichmäßig über die Anströmfläche der Oxidationskatalysatoren **44** zu verteilen. Der Raum zwischen den stromaufwärts und stromabwärts angeordneten Oxidationskatalysatoren **44** kann ebenso die Verteilung fördern. Zusätzlich kann der Mischer **60** helfen, Abgas mit Reduktionsmittel durch Drall und/oder Turbulenzen zu vermischen, und die Länge des Mischkanals **52** und des Durchgangs **78** kann ausreichend sein, um eine angemessene Vermischung und Reduktionsmittelersetzung zu erreichen. Die Anordnung, Anzahl und Orientierung der SCR-Katalysatoren **48** in Bezug auf die Seitenwände **80** und den Mischkanal **52** kann eine gleichmäßige Verteilung des Abgases über die Flächen der SCR-Katalysatoren **48** fördern. Zusätzlich kann die parallele Anordnung von mehreren Oxidations- und SCR-Katalysatoren **44**, **48** zu kleinen Begrenzungen des Abgasstroms durch das Nachbehandlungsmodul **26** führen, wodurch der Motorrückstaudruck und die Leistung verbessert wird.

[0044] Das Nachbehandlungsmodul **26** kann einige, wenn überhaupt, zweckbestimmte Durchgangswände aufweisen, wodurch Kosten reduziert werden können. Das heißt, die meisten Komponenten des Nachbehandlungsmoduls **26** können mehrere Funktionen ausführen wie die Darstellung von Durchgangswänden, die die Abgasströme in die gewünschten Richtungen kanalisieren. Beispielsweise kann die Dämpfungskammer **62** dazu genutzt werden, Lärm zu dämpfen und Abgas, das zu dem Mischkanal **52** strömt, trichterförmig zu erweitern. In einem anderen Beispiel kann der Mischkanal **52** sowohl dazu genutzt werden, Abgas mit Reduktionsmittel zu vermischen als auch Abgas von den Oxidationskatalysatoren **44** zu den SCR-Katalysatoren **48** zu leiten. Gleichermaßen können die SCR-Katalysatoren **48** dazu genutzt werden, Abgas zu behandeln und eine Wand eines begrenzenden Durchgangs darzustellen, der eine gleichmäßige Verteilung des Abgases über alle SCR-Katalysatoren **48** bewirkt. Abschließend kann die Dämpfungskammer **88** anderweitig ungenutzten Raum zum Dissipieren von Lärm nutzen. Die Einfachheit und Multifunktionalität der Komponenten des Nachbehandlungsmoduls **26** kann dessen Kosten senken.

[0045] Für Fachleute wird es offensichtlich sein, dass unterschiedliche Modifikationen und Variationen der Abgasanlage und des Nachbehandlungsmoduls der vorliegenden Offenbarung gemacht werden können, ohne dass der Umfang der Offenbarung verlassen wird. Andere Ausführungsformen werden für den Fachmann unter Berücksichtigung der Beschreibung und Anwendung der hierin offenbarten Anlage und des Moduls offensichtlich sein. Es ist vorgesehen, dass die Beschreibung und Beispiele nur als beispielhaft angesehen werden, wobei auf den wahren

Umfang der Offenbarung durch die nachfolgenden Ansprüche und ihre Äquivalente hingewiesen wird.

Patentansprüche

1. Nachbehandlungsmodul (**26**) mit:
einer Mehrzahl von Einlassöffnungen (**34**), die dazu ausgebildet sind, Abgas in eine erste Strömungsrichtung in das Nachbehandlungsmodul zu leiten, einem Mischkanal (**52**), der dazu ausgebildet ist, Abgas von der Mehrzahl der Einlassöffnungen zu empfangen, und einem Verzweigungsdurchgang (**78**), der in Fluidverbindung mit dem Mischkanal steht und dazu ausgebildet ist, Abgas von dem Mischkanal in voneinander getrennte Ströme zu verzweigen, die das Nachbehandlungsmodul in eine zweite Strömungsrichtung verlassen, die der ersten Strömungsrichtung entgegengerichtet ist.

2. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit:
einer ersten Reihe von SCR-Katalysatoren (**74**), die radial außerhalb von dem Mischkanal angeordnet und dazu ausgebildet sind, Abgas von dem Mischkanal zu empfangen,
einer zweiten Reihe von SCR-Katalysatoren (**74**), die radial außerhalb von dem Mischkanal angeordnet und dazu ausgebildet sind, Abgas von dem Mischkanal zu empfangen, und
einer Auslasskammer (**86**), die den Mischkanal umgibt und dazu ausgebildet ist, Abgas von der ersten und zweiten Reihe von SCR-Katalysatoren zu empfangen.

3. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit:
einer Reihe von SCR-Katalysatoren (**74**), und
einer Wand (**80**), die in Bezug auf eine Seite der Reihe von SCR-Katalysatoren in einem schrägen Winkel (β) angeordnet ist, und die zusammen mit der Reihe von SCR-Katalysatoren mindestens teilweise einen Abgasdurchgang (**82**) ausbildet, der eine abnehmende Strömungsfläche entlang einer Strömungsrichtung aufweist.

4. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit einer Reihe von SCR-Katalysatoren (**74**), die in Bezug auf eine Längsachse des Mischkanals angewinkelt und dazu ausgebildet sind, Abgas radial nach innen auf den Mischkanal abzugeben.

5. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit:
einer Reihe von SCR-Katalysatoren (**74**), die dazu ausgebildet sind, Abgas von dem Mischkanal zu empfangen, und
einer Mehrzahl von Dämpfungskavitäten (**84**), die zwischen den SCR-Katalysatoren (**48**) von der Reihe von SCR-Katalysatoren ausgebildet sind, wobei

jede von der Mehrzahl von Dämpfungskavitäten ein erstes, geschlossenes Ende an einer Anströmseite der Reihe von SCR-Katalysatoren aufweist, und ein zweites, geöffnetes Ende an einer Abströmseite der Reihe von SCR-Katalysatoren aufweist.

6. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit einer Mehrzahl von Auslassöffnungen (**36**), die stromabwärts von dem Mischkanal angeordnet sind.

7. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit mindestens einem Oxidationskatalysator (**44**), der stromaufwärts von dem Mischkanal angeordnet ist.

8. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 9, ferner mit mindestens einem Diffusor (**50**), der dicht an mindestens einer von der Mehrzahl von Einlassöffnungen angeordnet und dazu ausgebildet ist, Abgas im Wesentlichen gleichmäßig über den mindestens einen Oxidationskatalysator zu verteilen, wobei der mindestens eine Oxidationskatalysator eine Mehrzahl von Reihen von Oxidationskatalysatoren aufweist, der mindestens eine Diffusor eine Mehrzahl von Diffusoren aufweist, und jede Reihe von der Mehrzahl von Reihen von Oxidationskatalysatoren zu einem von der Mehrzahl von Diffusoren zugehörig ist.

9. Nachbehandlungsmodul nach Anspruch 1, ferner mit:
einer Dämpfungskammer (**62**), die zwischen der Mehrzahl von Einlassöffnungen und dem Mischkanal angeordnet ist,
einer Wand (**64**), die in der Dämpfungskammer angeordnet ist und die Dämpfungskammer in einen ersten und zweiten Raum (**66, 68**) teilt, und
einem Rohr (**70**), das eine Fluidverbindung zwischen dem ersten Raum und dem zweiten Raum herstellt, wobei das Rohr in den ersten Raum über eine Strecke (D_1) hineinragt, die ungefähr genauso groß ist wie eine Hälfte der Strecke von der Wand zu einer Einlassöffnung des ersten Raums.

10. Energieversorgungsanlage (**10**) mit:
einem Verbrennungsmotor (**14**) mit einer Mehrzahl von Zylindern, und
dem Nachbehandlungsmodul (**26**) wie in einem der Ansprüche 1 bis 9 beansprucht, das dazu ausgebildet ist, Abgas von der Mehrzahl von Zylindern zu empfangen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

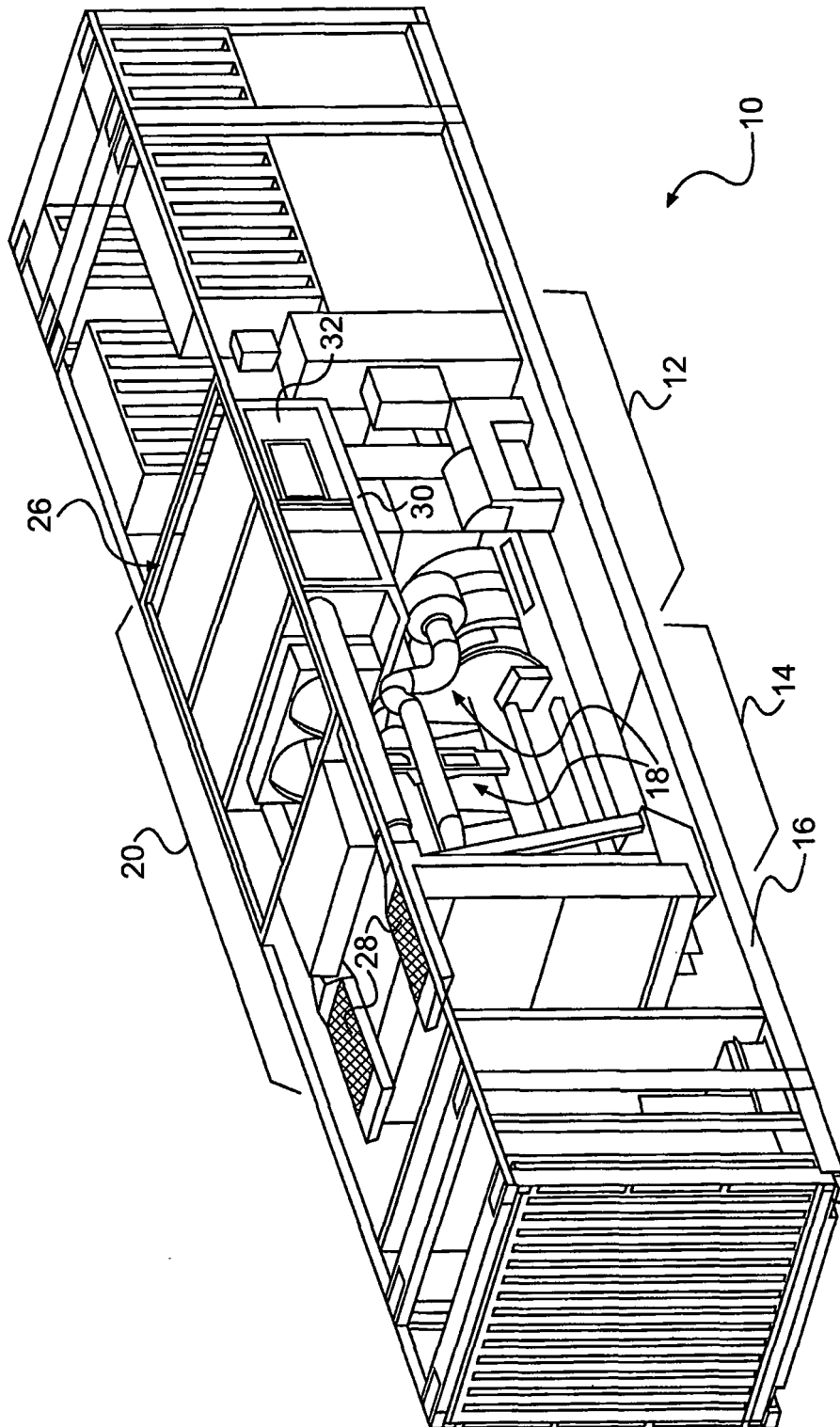


FIG. 1

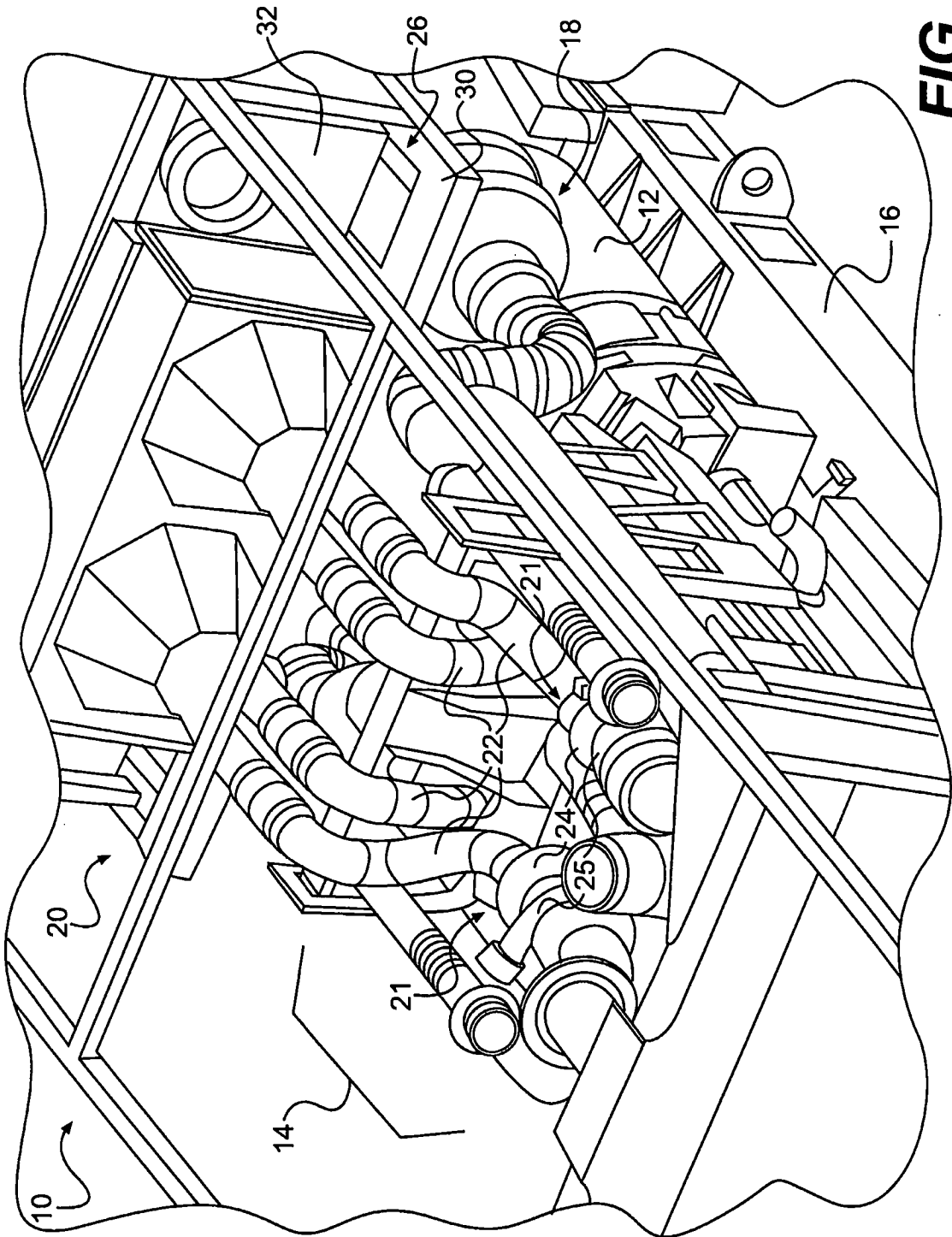


FIG. 2

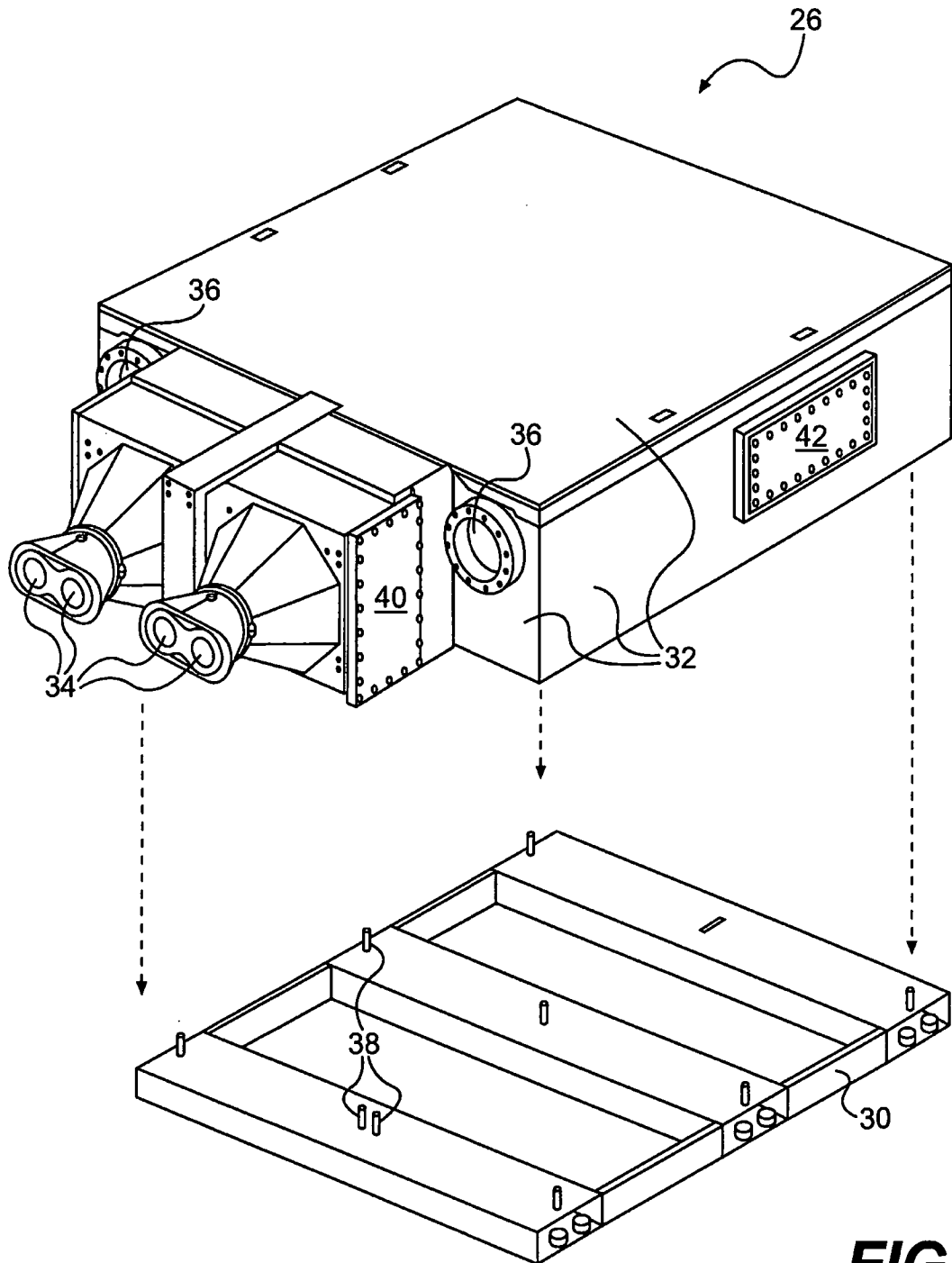


FIG. 3

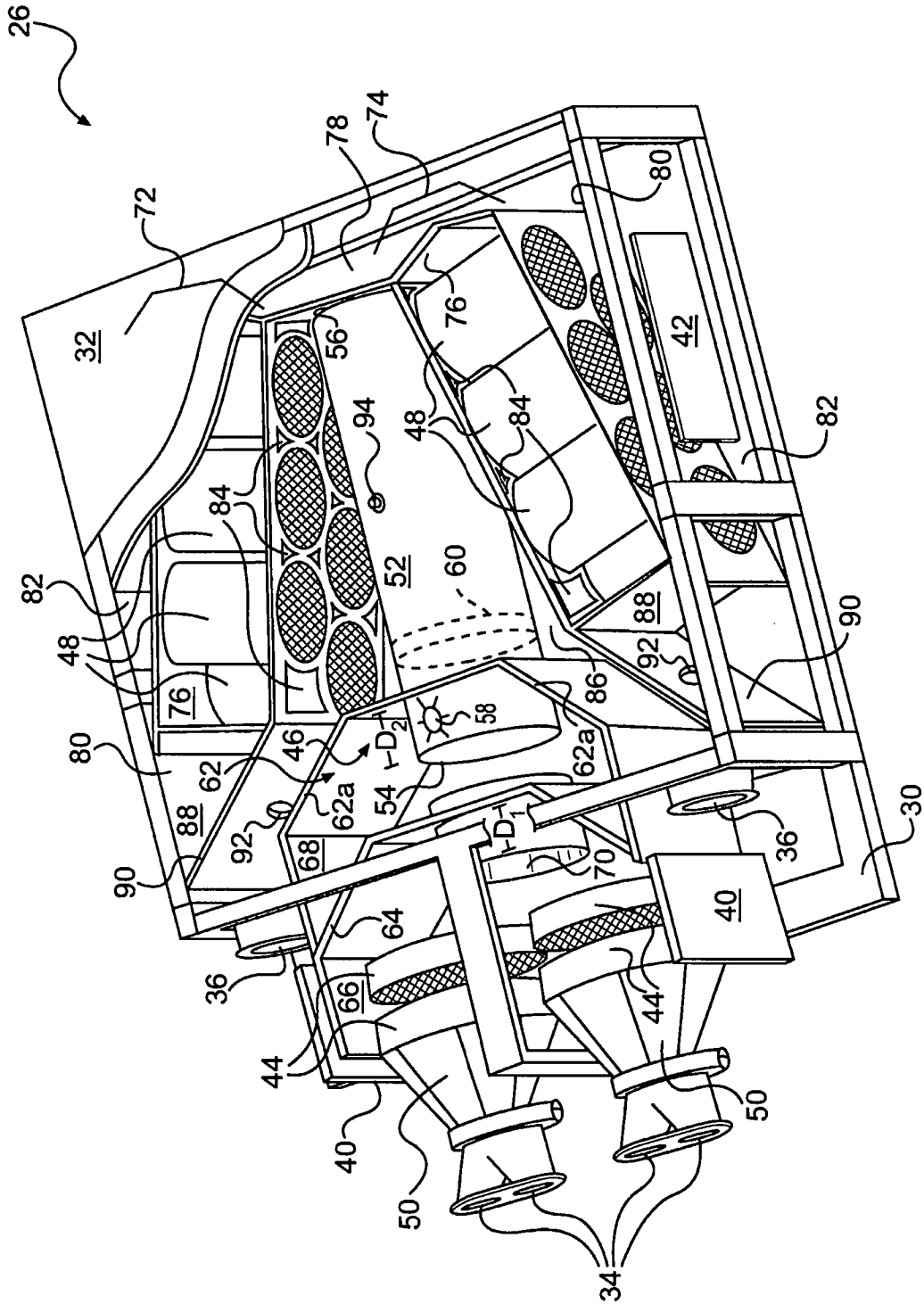


FIG. 4

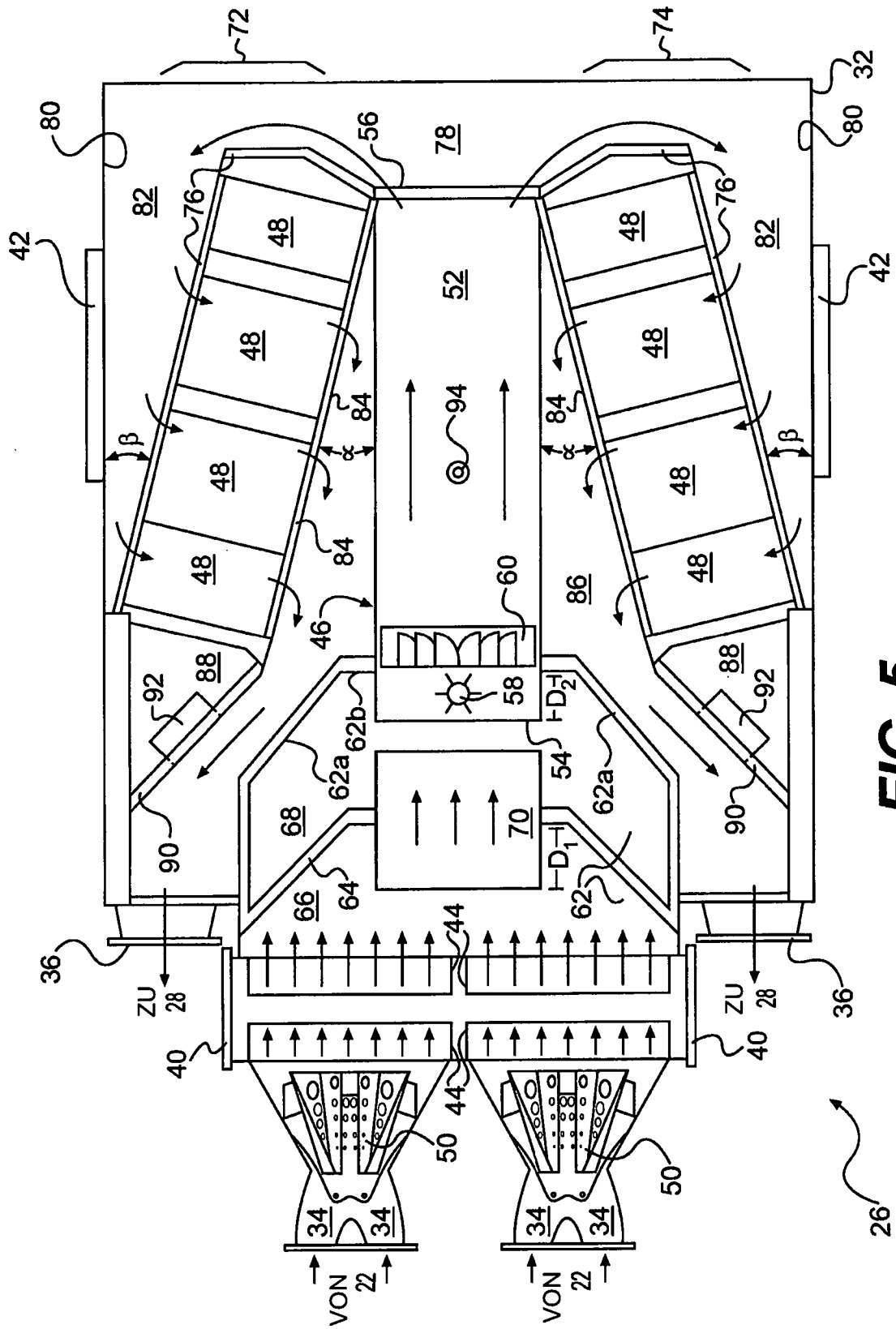


FIG. 5