



(10) **DE 10 2017 006 059 A1** 2018.12.27

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 006 059.2**

(22) Anmeldetag: **27.06.2017**

(43) Offenlegungstag: **27.12.2018**

(51) Int Cl.: **F01N 3/10 (2006.01)**

**B01D 53/94 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

**Bleckmann, Johannes, Dipl.-Ing. (FH), 70190 Stuttgart, DE; Eßmann, Claudia, Dr.rer.nat., 70174 Stuttgart, DE; Gärtner, Uwe, Prof. Dr.-Ing., 73630 Remshalden, DE; Massner, Alexander, Dr.-Ing., 73730 Esslingen, DE; Stiller, Michael, Dipl.-Ing., 71686 Remseck, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

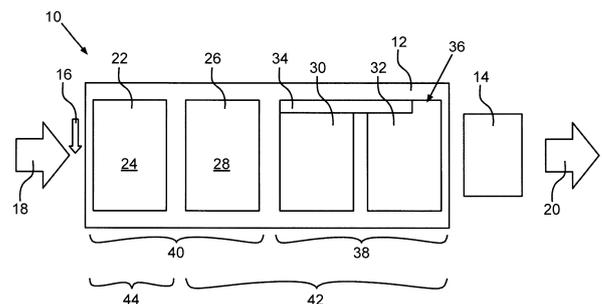
<b>DE</b>	<b>10 2015 015 260</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2015 113 415</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>2 116 293</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Abgasanlage für einen Kraftwagen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Abgasanlage (10) für einen Kraftwagen, mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung zum Nachbehandeln von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung umfasst einen ersten SCR-Katalysator (26), welcher ein kupferhaltiges Zeolithmaterial (28) aufweist, einen Ammoniak-Schlupf-Katalysator (30), welcher stromabwärts des ersten SCR-Katalysators (26) angeordnet ist, und einen Partikelfilter (14). Stromaufwärts des ersten SCR-Katalysators (26) ist ein zweiter SCR-Katalysator (22) angeordnet, welcher ein vanadiumhaltiges SCR-Katalysatormaterial (24) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Abgasanlage für einen Kraftwagen, mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung zum Nachbehandeln von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung umfasst einen ersten SCR-Katalysator, welcher ein kupferhaltiges Zeolithmaterial aufweist, einen Ammoniak-Schlupf-Katalysator, welcher stromabwärts des ersten SCR-Katalysators angeordnet ist, und einen Partikelfilter.

**[0002]** Beispielsweise beschreibt die US 2014/0237995 A1 ein System mit einer Verbrennungskraftmaschine, deren Abgas einem SCR-Katalysator mit einem kupferhaltigen Zeolithmaterial zugeführt wird. Das Nachbehandlungssystem umfasst auch einen Ammoniak-Oxidationskatalysator und einen Dieselpartikelfilter. Dem kupferhaltigen Zeolithkatalysator wird ein Fluidstrom zugeführt, welcher Harnstoff, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe enthält, um den Zeolithkatalysator bei Temperaturen von weniger als 500 Grad Celsius bis 600 Grad Celsius von Schwefel zu befreien.

**[0003]** Üblicherweise ist es nämlich so, dass eine Entschwefelung von kupferhaltigen beziehungsweise kupferausgetauschten Zeolithkatalysatoren unter normalen Abgasbedingungen einer mit Diesel betriebenen Verbrennungskraftmaschine hohe Abgastemperaturen im Bereich von 500 Grad Celsius bis 600 Grad Celsius erfordert. Um derartige Temperaturen zu erreichen, sind zusätzliche Heizmaßnahmen erforderlich. Bei derzeit verwendeten Abgasnachbehandlungssystemen, welche der Norm Euro-6 beziehungsweise EPA-10 genügen, wird dies durch einen Dieseloxidationskatalysator erreicht, welcher dem kupferhaltigen Zeolithkatalysator vorgeschaltet ist. An dem Oxidationskatalysator wird eine zusätzlich eingespritzte Kraftstoffmasse umgesetzt. So wird die Temperatur des Abgases angehoben. Dies führt jedoch zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und auch zu einer verstärkten thermischen Beanspruchung und Alterung der Abgasanlage, insbesondere der Abgasnachbehandlungseinrichtung.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine verbesserte Abgasanlage der eingangs genannten Art zu schaffen.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch eine Abgasanlage mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Abgasanlage für einen Kraftwagen, bei welchem es sich insbesondere um ein Nutzfahrzeug handeln kann, umfasst ei-

ne Abgasnachbehandlungseinrichtung zum Nachbehandeln von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung umfasst einen ersten SCR-Katalysator, welcher ein kupferhaltiges Zeolithmaterial aufweist. Des Weiteren umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung einen Ammoniak-Schlupf-Katalysator, welcher stromabwärts des ersten SCR-Katalysators angeordnet ist. Ein Partikelfilter der Abgasnachbehandlungseinrichtung ist stromabwärts des Ammoniak-Schlupf-Katalysators angeordnet. Stromaufwärts des ersten SCR-Katalysators ist ein zweiter SCR-Katalysator angeordnet. Der zweite SCR-Katalysator weist ein vanadiumhaltiges SCR-Katalysatormaterial auf. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein vanadiumhaltiger SCR-Katalysator eine chemische Reaktion insbesondere von langkettigen Kohlenwasserstoffen herbeiführt. Bei einer solchen Teiloxidation kommt es zu Bildung von Kohlenstoffmonoxid und zur Aufspaltung der langkettigen Kohlenwasserstoffe in kurzkettige Kohlenwasserstoffe. Folglich werden durch den vanadiumhaltigen SCR-Katalysator Reduktionsmittel-Moleküle bereitgestellt.

**[0007]** Diese Reduktionsmittel-Moleküle dringen in die Käfigstruktur des kupferhaltigen Zeolithkatalysators ein und lösen dort eingelagerte Schwefelverbindungen. Aufgrund der Entfernung von Schwefelverbindungen aus dem kupferhaltigen Zeolithmaterial des ersten SCR-Katalysators ist der erste SCR-Katalysator in verbessertem Maße dazu in der Lage, eine Entstickung des Abgases vorzunehmen. Bei dieser Entstickung handelt es sich um die von dem ersten SCR-Katalysator durchgeführte selektive katalytische Reduktion (SCR = selective catalytic reduction), also eine selektive katalytische Reduktionsreaktion, bei welcher im Abgas enthaltene Stickstoffoxide mit Ammoniak weitestgehend zu Stickstoff und Wasser umgesetzt werden.

**[0008]** Das Anlagern von Schwefelverbindungen an dem kupferhaltigen Zeolithmaterial schränkt dessen Leistungsfähigkeit im Hinblick auf das Entstickten des Abgases ein. Durch das Vorschalten des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators wird demgemäß die Fähigkeit des ersten SCR-Katalysators, Stickstoffoxide aus dem Abgas zu entfernen, dauerhaft aufrecht erhalten. Durch das Freisetzen der Schwefelverbindungen behindern diese nämlich nicht die SCR-Reaktion des kupferhaltigen Zeolithkatalysators. Zudem katalysiert auch der vanadiumhaltige SCR-Katalysator die SCR-Reaktion und trägt so zum Entstickten des Abgases bei.

**[0009]** Für ein, insbesondere regelmäßiges, Befreien des kupferhaltigen Zeolithmaterials des ersten SCR-Katalysators von Schwefel wird stromaufwärts des zweiten SCR-Katalysators Kraftstoff in das Abgas eingebracht. Jedoch kann die für dieses Entschwefeln erforderliche Temperatur signifikant abge-

senkt werden. Es brauchen also in dem kupferhaltigen Zeolithmaterial des ersten SCR-Katalysators keine Temperaturen von 500 Grad Celsius bis 600 Grad Celsius eingestellt zu werden, um das kupferhaltige Zeolithmaterial zu entschwefeln. Vielmehr kann der kupferhaltige Zeolithkatalysator bereits in einem Temperaturbereich zwischen 300 Grad Celsius und 500 Grad Celsius von Schwefelverbindungen befreit werden, indem durch den vanadiumhaltigen SCR-Katalysator zur Reduktion der Schwefelverbindungen geeignete Reduktionsmittel bereitgestellt werden.

**[0010]** Der kupferhaltige Zeolithkatalysator, welcher verglichen mit dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator anfälliger für Schwefelanlagerungen ist, hat den großen Vorteil, dass selbst bei niedrigen Abgastemperaturen bereits eine gute Verringerung des Stickstoffoxidgehalts im Abgas durch die selektive katalytische Reduktion ermöglicht ist. Dies ist beispielsweise bei einem Kaltstart des die Abgasanlage aufweisenden Kraftwagens von Vorteil.

**[0011]** Der vanadiumhaltige SCR-Katalysator ist zwar bei niedrigerer Temperatur des Abgases weniger stark aktiv im Hinblick auf das Entsticken von Abgas. Jedoch zeichnet sich der vanadiumhaltige SCR-Katalysator durch ein rasches Ansprungsverhalten aus. Demgemäß ist bereits bei einer geringen Menge von in dem Abgas vorhandenem Ammoniak eine erhebliche Verringerung des Stickstoffoxidgehalts im Abgas mittels des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators erreichbar. Mit anderen Worten ist lediglich ein geringer Ammoniak-Füllstand erforderlich, um in dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator die selektive katalytische Reduktionsreaktion ablaufen zu lassen. Zudem ist der vanadiumhaltige SCR-Katalysator kaum anfällig für eine Schwefelanlagerung. Vielmehr erfolgt in dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator das Freisetzen beziehungsweise Lösen von Schwefelverbindungen bereits bei niedrigen Abgastemperaturen.

**[0012]** Der kupferhaltige Zeolithkatalysator zeichnet sich also einerseits durch seine sehr gute Tieftemperaturaktivität aus. Andererseits führt das im Vergleich zu dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator langsame Ansprungsverhalten des kupferhaltigen Zeolithkatalysators zu einer hohen Speicherkapazität für Ammoniak. Das Speichern von vergleichsweise viel Ammoniak durch den kupferhaltigen Zeolithkatalysator führt wiederum dazu, dass ein Ammoniakdurchbruch beziehungsweise Ammoniak-Schlupf verringert ist. Dementsprechend wird auch der in Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage gesehen stromabwärts des ersten SCR-Katalysators angeordnete Ammoniak-Schlupf-Katalysator in besonders geringem Maße mit Ammoniak beaufschlagt.

**[0013]** Die Kombination des ersten SCR-Katalysators mit dem zweiten SCR-Katalysator, welcher in

Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage gesehen stromaufwärts des ersten SCR-Katalysators angeordnet ist, führt also zu vorteilhaften Synergieeffekten. Zudem ist durch das Bereitstellen sowohl des ersten SCR-Katalysators als auch des zweiten SCR-Katalysators eine besonders effektive Abgasnachbehandlungseinrichtung im Hinblick auf das Verringern des Gehalts an Stickstoffoxiden in dem Abgas der Verbrennungskraftmaschine bereitgestellt.

**[0014]** Des Weiteren kann vergleichsweise viel Harnstofflösung stromaufwärts der beiden SCR-Katalysatoren in das Abgas eingebracht werden. Aus einer solchen wässrigen Harnstofflösung, welche beispielsweise unter der Bezeichnung AdBlue® erhältlich ist, wird im heißen Abgas der Ammoniak freigesetzt, welcher dann in den SCR-Katalysatoren mit den Stickstoffoxiden zu Stickstoff und Wasser umgesetzt wird. Da das vanadiumhaltige SCR-Katalysatormaterial und das kupferhaltige Zeolithmaterial frei von Edelmetallen sind, wie sie in dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator zum Einsatz kommen, ist auch keine Bildung von Lachgas ( $N_2O$ ) in den SCR-Katalysatoren aufgrund einer Oxidation von Ammoniak an den beiden SCR-Katalysatoren zu befürchten, sofern diese frei von Ammoniumablagerungen gehalten werden. Weiter vorteilhaft ist, dass der vanadiumhaltige SCR-Katalysator der nach Austritt des Abgases aus der Verbrennungskraftmaschine in Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung zuerst durchströmte SCR-Katalysator ist, da der vanadiumhaltige SCR-Katalysator eine geringe  $N_2O$ -Selektivität hat und so eine  $N_2O$ -Bildung aus  $NO_2$ -Motorrohmissionen gering gehalten werden kann, so dass auch die  $N_2O$ -Emissionen am Austritt aus der Abgasanlage äußerst gering gehalten werden können.

**[0015]** Vorzugsweise ist ein Abschnitt der Abgasanlage zwischen dem zweiten SCR-Katalysator und dem ersten SCR-Katalysator frei von wenigstens einem weiteren Katalysator. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die von dem zweiten SCR-Katalysator für den ersten SCR-Katalysator zur Verfügung gestellten kurzkettigen Kohlenwasserstoffe und das Kohlenstoffmonoxid zum Entschwefeln des kupferhaltigen Zeolithkatalysators uneingeschränkt zur Verfügung stehen.

**[0016]** Zusätzlich oder alternativ ist bevorzugt ein Abschnitt zwischen dem ersten SCR-Katalysator und dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator frei von wenigstens einem weiteren Katalysator. So kann etwaig aus dem ersten SCR-Katalysator austretender Ammoniak unmittelbar in dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator oxidiert werden.

**[0017]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn die einzelnen Katalysatoren unmittelbar, also ohne eine dazwi-

schenliegende Rohrleitung, aneinander angrenzen. Insbesondere kann eine Ausgangsseite des ersten SCR-Katalysators an eine Eingangsseite des Ammoniak-Schlupf-Katalysators angrenzen, und/oder es kann eine Eingangsseite des ersten SCR-Katalysators an eine Ausgangsseite des zweiten SCR-Katalysators angrenzen. So ist einerseits eine besonders kompakte Abgasnachbehandlungseinrichtung geschaffen. Des Weiteren ist so ein Hybridkatalysator geschaffen, in welchem die Funktionalitäten der einzelnen Katalysatoren in axialer Richtung, also in die Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage gesehen, unmittelbar aufeinanderfolgen. Dies verringert die Komplexität der Abgasanlage.

**[0018]** Vorzugsweise ist auf eine wenigstens ein Edelmetall aufweisende Oberfläche des Ammoniak-Schlupf-Katalysators eine Schicht aus einem kupferhaltigen Zeolithmaterial aufgebracht. Das kupferhaltige Zeolithmaterial dient in geringem Ausmaß dem Verringern der Stickstoffoxidkonzentration im Abgas, indem in dem kupferhaltigen Zeolithmaterial die selektive katalytische Reduktionsreaktion (SCR) stattfindet. Des Weiteren führt das Vorsehen einer solchen Schicht aus kupferhaltigem Zeolithmaterial auf der das wenigstens eine Edelmetall, insbesondere der Platingruppe, aufweisenden Oberfläche des Ammoniak-Schlupf-Katalysators dazu, dass trotz des Oxidierens von Ammoniak durch den Ammoniak-Schlupf-Katalysator besonders wenig Lachgas gebildet wird. Zudem werden durch die Oxidation von Ammoniak in dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator gebildete Stickstoffoxide beim Hindurchtreten durch die Schicht aus dem kupferhaltigen Zeolithmaterial mit in dem kupferhaltigen Zeolithmaterial gespeichertem Ammoniak zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Die Schicht aus dem kupferhaltigen Zeolithmaterial sorgt somit insbesondere für besonders geringe Stickstoffoxidemissionen und für besonders geringe Lachgasemissionen des Ammoniak-Schlupf-Katalysators.

**[0019]** Vorzugsweise ist stromabwärts des Ammoniak-Schlupf-Katalysators und stromaufwärts des Partikelfilters ein Oxidationskatalysator angeordnet. Durch einen solchen Oxidationskatalysator können besonders gut die stromabwärts der beiden SCR-Katalysatoren vorhandenen, aus dem in das Abgas eingebrachten Kraftstoff gebildeten Reduktionsmittel oxidiert werden, um eine hohe Abgastemperatur zu erreichen. Diese hohe Abgastemperatur ist wiederum für das periodische Regenerieren des Partikelfilters erforderlich, welcher dem Oxidationskatalysator nachgeschaltet ist. Die vollständige Oxidation der eingebrachten Reduktionsmittel etwa in Form der kurzkettigen Kohlenwasserstoffe und des Kohlenstoffmonoxids erfolgt also an den nachgeschalteten, edelmetallhaltigen Katalysatoren in Form des Ammoniak-Schlupf-Katalysators und insbesondere des Oxidationskatalysators.

**[0020]** Vorzugsweise sind der Ammoniak-Schlupf-Katalysator und der Oxidationskatalysator auf einem gemeinsamen Trägerkörper angeordnet. So kann besonders einfach dafür gesorgt werden, dass auch der Ammoniak-Schlupf-Katalysator und der Oxidationskatalysator unmittelbar aneinander angrenzen. Zudem ist so der zumindest den ersten SCR-Katalysator und den Ammoniak-Schlupf-Katalysator sowie den Oxidationskatalysator aufweisende Hybridkatalysator besonders kompakt.

**[0021]** Vorzugsweise ist auf eine wenigstens ein Edelmetall aufweisende Oberfläche des Oxidationskatalysators eine Schicht aus einem kupferhaltigen Zeolithmaterial aufgebracht. Hierbei ist ein stromabwärtiger Teilbereich des Oxidationskatalysators frei von der Schicht. Mit anderen Worten erstreckt sich in Strömungsrichtung des Abgases durch den Oxidationskatalysator gesehen die kupferhaltige Zeolithmaterialschicht nicht über die gesamte Länge des Oxidationskatalysators, was dazu führt, dass der Oxidationskatalysator besonders gut seiner Funktion nachkommen kann, die zum Aufheizen des nachgeschalteten Partikelfilters im Abgas enthaltenen Reduktionsmittel zu oxidieren. Dennoch kann durch ein Überlappen der Schicht aus dem kupferhaltigen Zeolithmaterial, welche auf die Oberfläche des Ammoniak-Schlupf-Katalysators aufgebracht ist, mit einem stromaufwärtigen Teilbereich des Oxidationskatalysators sichergestellt werden, dass eine Bildung bzw. Freisetzung von Lachgas und Stickstoffoxiden aus dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator und aus dem Oxidationskatalysator besonders weitgehend unterbunden ist.

**[0022]** Vorzugsweise ist ein Edelmetallgehalt des Ammoniak-Schlupf-Katalysators kleiner als ein Edelmetallgehalt des Oxidationskatalysators. Beispielsweise kann eine Beladung an Edelmetallen aus der Gruppe der Platinmetalle in dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator im Bereich von 1 Gramm pro Kubikfuß bis 5 Gramm pro Kubikfuß liegen. Demgegenüber kann die Edelmetallbeladung insbesondere mit wenigstens einem Edelmetall aus der Gruppe der Platinmetalle, in dem Oxidationskatalysator im Bereich von 10 Gramm pro Kubikfuß bis 50 Gramm pro Kubikfuß liegen.

**[0023]** Der vergleichsweise geringe Edelmetallgehalt des Ammoniak-Schlupf-Katalysators sorgt für eine hohe Selektivität im Hinblick auf die Bildung von Stickstoff aus Ammoniak und Stickstoffoxiden in der Schicht aus dem kupferhaltigen Zeolithmaterial. Demgegenüber sorgt der vergleichsweise hohe Edelmetallgehalt des Oxidationskatalysators für eine gute und rasche Anhebung der Temperatur des Abgases, wenn dem Oxidationskatalysator Kraftstoff beziehungsweise Kohlenstoffmonoxid zugeführt wird. Dadurch, dass im Bereich des Oxidationskatalysators so gut wie kein Ammoniak mehr vorhanden ist,

kann selbst der hohe Edelmetallgehalt des Oxidationskatalysators dennoch kaum zu einer verstärkten Lachgasbildung beitragen. Der hohe Edelmetallgehalt des Oxidationskatalysators sorgt im Übrigen auch für eine vergleichsweise niedrige Anspringtemperatur des Oxidationskatalysators bezüglich HC, CO- sowie NO-Oxidation.

Der erste SCR-Katalysator und der Ammoniak-Schlupf-Katalysator können auf einem gemeinsamen Trägerkörper angeordnet sein. Insbesondere können also der erste SCR-Katalysator, der Ammoniak-Schlupf-Katalysator und der Oxidationskatalysator auf dem gemeinsamen Trägerkörper angeordnet sein, welcher in einem Gehäuse des Hybridkatalysators untergebracht ist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der zweite SCR-Katalysator, welcher das vanadiumhaltige SCR-Katalysatormaterial aufweist, als vergleichsweise motornaher, also in größerer Nähe zu der Verbrennungskraftmaschine angeordneter Vorkatalysator ausgebildet ist, während der erste SCR-Katalysator in einem motorferneren Gehäuse der Abgasanlage untergebracht ist.

**[0024]** Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der erste SCR-Katalysator und der zweite SCR-Katalysator auf einem gemeinsamen Trägerkörper angeordnet sind, wobei bevorzugt dann der Ammoniak-Schlupf-Katalysator und der Oxidationskatalysator auf einem weiteren gemeinsamen Trägerkörper angeordnet sind. Auch bei dieser Ausgestaltung lassen sich die beiden SCR-Katalysatoren einerseits und der Ammoniak-Schlupf-Katalysator sowie der Oxidationskatalysator andererseits in einem gemeinsamen Gehäuse der Abgasanlage unterbringen, sodass ein kompakter Hybridkatalysator bereitgestellt ist. Jedoch sind dann die einzelnen Komponenten der Abgasnachbehandlungseinrichtung unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet, sodass sie ihre jeweilige Funktion besonders gut erfüllen können.

**[0025]** Als weiter vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn stromaufwärts des zweiten SCR-Katalysators eine Dosiereinrichtung zum Einbringen von Kraftstoff in das dem zweiten SCR-Katalysator zuzuführende Abgas vorgesehen ist. Auf diese Weise können nämlich besonders einfach dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator langkettige Kohlenwasserstoffe zur Verfügung gestellt werden, welche dann zu kurzkettigen Kohlenwasserstoffen und Kohlenstoffmonoxid umgesetzt werden. Diese Reduktionsmittel-Moleküle stehen dann wiederum für den kupferhaltigen Zeolithkatalysator zur Entschwefelung zur Verfügung.

**[0026]** Des Weiteren lassen sich so die Probleme verringern, welche mit dem Einbringen von Kraftstoff in das Abgas über eine späte Nacheinspritzung in Zylinder der Verbrennungskraftmaschine einhergehen. Die späte Nacheinspritzung, bei welcher der eingespritzte Kraftstoff nicht mehr im Brennraum des Zylinders verbrennt, sondern unverbrannt in die Abgas-

anlage gelangt, führt nämlich zu einer unerwünschten Ölverdünnung des zum Schmieren der Verbrennungskraftmaschine verwendeten Öls. Zudem kann es zu einer Versottung eines Abgasrückführungskühlers kommen, wenn Kraftstoff über die späte Nacheinspritzung in das Abgas der Verbrennungskraftmaschine eingebracht wird.

**[0027]** Durch das Vorsehen der Dosiereinrichtung zum Einbringen von Kraftstoff stromaufwärts des zweiten SCR-Katalysators kann somit je nach Bedarf ausreichend Kraftstoff zum Entschwefeln des kupferhaltigen Zeolithkatalysators und zum Regenerieren des Partikelfilters bereitgestellt werden, ohne dass die mit der späten Nacheinspritzung zusammenhängenden Probleme auftreten.

**[0028]** Des Weiteren kann in Abhängigkeit von der in der Abgasanlage herrschenden Temperatur auf die Dosiereinrichtung zum Einbringen von Kraftstoff zurückgegriffen werden, welche zum Durchführen einer sogenannten sekundären Kraftstoffeinspritzung ausgebildet ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass erst beim Überschreiten eines Schwellenwerts der Temperatur, beispielsweise beim Überschreiten einer Temperatur von etwa 300 Grad Celsius, die sekundäre Kraftstoffeinspritzung vorgenommen wird. Insbesondere die sekundäre Kraftstoffeinspritzung kann nämlich zu einer Adsorption von langkettigen Kohlenwasserstoffen an wenigstens einem der SCR-Katalysatoren führen.

**[0029]** Wenn sich unkontrolliert größere Mengen an langkettigen Kohlenwasserstoffen an dem wenigstens einen SCR-Katalysator anlagern, so kann dies zu einem plötzlichen, unkontrollierten Entzünden dieser Kohlenwasserstoffe führen. Ein solches unkontrolliertes Anlagern von Kohlenwasserstoffen an einen SCR-Katalysator tritt jedoch bei höheren Abgastemperaturen nicht auf. Daher wird bevorzugt die sekundäre Kraftstoffeinspritzung erst bei höheren Abgastemperaturen vorgenommen.

**[0030]** Stromabwärts des Partikelfilters kann ein weiterer SCR-Katalysator angeordnet sein. Jedoch lässt sich aufgrund des Vorsehens der beiden SCR-Katalysatoren in Form des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators und des kupferhaltigen Zeolithkatalysators auf einen solchen dritten SCR-Katalysator auch verzichten. Dies verringert die Komplexität und die Kosten der Abgasanlage. Andererseits lassen sich mittels des dritten SCR-Katalysators im Hinblick auf die Verringerung des Stickstoffoxidgehalts des Abgases besonders gute Ausgestaltungen realisieren.

**[0031]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und

Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

**[0032]** Dabei zeigen:

**Fig. 1** schematisch einen Ausschnitt aus einer Abgasanlage eines Nutzfahrzeugs, wobei einem Partikelfilter ein Hybridkatalysator vorgeschaltet ist;

**Fig. 2** schematisch mögliche Längen von Komponenten des Hybridkatalysators;

**Fig. 3** die Bildung von Reduktionsmittelmolekülen in Form von kurzkettigen Kohlenwasserstoffen und Kohlenstoffmonoxid bei einer Beaufschlagung des Hybridkatalysators mit Kraftstoff, wenn eine Sekundärkraftstoffeinspritzung vorgenommen wird;

**Fig. 4** die Verhältnisse in einer Situation gemäß **Fig. 3**, wobei zusätzlich eine späte Nacheinspritzung vorgenommen wird; und

**Fig. 5** den zeitlichen Verlauf der Kraftstoffeinspritzung sowie der Temperatur und der Konzentrationen bestimmter Komponenten in dem Abgas beim Durchströmen des Hybridkatalysators.

**[0033]** Eine Abgasanlage **10** für einen Kraftwagen, etwa in Form eines Nutzfahrzeugs beziehungsweise Lastkraftwagens, ist in **Fig. 1** schematisch und ausschnittsweise gezeigt. Die Abgasanlage **10** umfasst eine Abgasnachbehandlungseinrichtung in Form eines Hybridkatalysators **12** und eines Partikelfilters **14**, welcher vorliegend als Dieselpartikelfilter ausgebildet ist. Stromaufwärts des Hybridkatalysators **12** ist eine Zugabestelle **16** vorgesehen, über welche eine wässrige Harnstofflösung in das Abgas eingebracht werden kann, welches in den Hybridkatalysator **12** eintritt. Das Abgas wird von einer (nicht gezeigten) Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens freigesetzt.

**[0034]** In **Fig. 1** gibt ein erster Pfeil **18** das Eintreten des Abgases in den Hybridkatalysator **12** an. Ein weiterer Pfeil **20** veranschaulicht das Austreten des Abgases aus dem Partikelfilter **14**. Durch die Pfeile **18**, **20** ist demgemäß eine Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage **10** veranschaulicht. In diese Strömungsrichtung gesehen lässt sich der Hybridkatalysator **12** in vorliegend vier axiale Zonen unterteilen. In einer ersten axialen Zone ist in dem Hybridkatalysator **12** ein SCR-Katalysator **22** angeordnet, welcher vorliegend ein vanadiumhaltiges SCR-Katalysatormaterial **24** aufweist. In einer zweiten, in die Strömungsrichtung an die erste axiale Zone an-

schließenden axialen Zone ist in dem Hybridkatalysator **12** ein weiterer SCR-Katalysator **26** angeordnet. Dieser SCR-Katalysator **26** weist ein kupferhaltiges Zeolithmaterial **28** auf. In einer in die Strömungsrichtung an die zweite axiale Zone anschließenden dritten axialen Zone ist in dem Hybridkatalysator **12** ein Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** (ASC) angeordnet. An die dritte axiale Zone **4** schließt sich in die Strömungsrichtung des Abgases eine vierte axiale Zone an, in welcher in dem Hybridkatalysator **12** ein Oxidationskatalysator **32** angeordnet ist. Der Oxidationskatalysator **32** ist vorliegend als Dieseloxidationskatalysator (DOC) ausgebildet.

**[0035]** Des Weiteren ist auf einer Oberfläche des Ammoniak-Schlupf-Katalysators **30**, welche wenigstens ein Edelmetall aufweist, eine Schicht **34** aus einem kupferhaltigen Zeolithmaterial angeordnet. Die Schicht **34** erstreckt sich ein Stück weit auch in die vierte axiale Zone, in welcher der Oxidationskatalysator **32** angeordnet ist. Dementsprechend ist auch in einem stromaufwärtigen Teilbereich des Oxidationskatalysators **32** auf eine Oberfläche des Oxidationskatalysators **32**, welche wenigstens ein Edelmetall aufweist, die Schicht **34** aufgebracht. Jedoch ist ein rückwärtiger beziehungsweise stromabwärtiger Teilbereich **36** des Oxidationskatalysators **32** frei von der Schicht **34**.

**[0036]** Durch geschweifte Klammern ist in **Fig. 1** veranschaulicht, dass der Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** und der Oxidationskatalysator **32** auf einem gemeinsamen Trägerkörper **38** angeordnet sein können. In analoger Weise können die beiden SCR-Katalysatoren **22**, **26** auf einem gemeinsamen Trägerkörper **40** angeordnet sein. In einer ebenfalls in **Fig. 1** schematisch gezeigten Alternative können der kupferhaltige SCR-Katalysator **26**, der Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** und der Oxidationskatalysator **32** auf einen gemeinsamen Trägerkörper **42** aufgebracht sein. Dann ist der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** auf einen separaten Trägerkörper **44** aufgebracht. Die Trägerkörper **38**, **40**, **42**, **44** können in einem gemeinsamen Gehäuse des Hybridkatalysators **12** untergebracht sein. Die Funktionsweise der einzelnen Komponenten des Hybridkatalysators **12** soll nachfolgend erläutert werden.

**[0037]** Der kupferhaltige SCR-Katalysator **26** eignet sich besonders gut zum Reduzieren des Stickstoffoxidgehalts im Abgas der Verbrennungskraftmaschine bei niedrigen Temperaturen, etwa bei einem Kaltstart des Kraftwagens. Jedoch ist der kupferhaltige SCR-Katalysator **26** beziehungsweise der SCR-Katalysator **26** mit dem kupferhaltigen Zeolithmaterial **28** vergleichsweise anfällig für eine Anlagerung von Schwefelverbindungen. Um die Schwefelverbindungen von dem SCR-Katalysator **26** zu entfernen, kann die Temperatur des Abgases etwa durch Einbringen von Kraftstoff in das Abgas an einem dem Hybridka-

talysator **12** vorgeschalteten, vorliegend jedoch nicht vorgesehenen Oxidationskatalysator sehr stark angehoben werden. Dies geht jedoch mit einem erheblichen Kraftstoffverbrauch und mit einer starken thermischen Beanspruchung des SCR-Katalysators **26** einher.

**[0038]** Vorliegend sorgt daher der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** beziehungsweise der SCR-Katalysator **22** mit dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysatormaterial **24** für ein signifikantes Absenken der zum Entschwefeln des kupferhaltigen SCR-Katalysators **26** erforderlichen Temperatur. Denn wenn dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator **22** langkettige Kohlenwasserstoffe zugeführt werden, beispielsweise indem Kraftstoff stromaufwärts des Hybridkatalysators **12** in das Abgas eingebracht wird, so setzt der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** diese langkettigen Kohlenwasserstoffe in kurzkettige Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoffmonoxid um. Diese stehen dann zum Lösen und Freisetzen der Schwefelverbindungen in dem kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** zur Verfügung. Das Einbringen der langkettigen Kohlenwasserstoffe stromaufwärts des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators **22** kann insbesondere durch eine sekundäre Kraftstoffeinspritzung, also durch das Einbringen von Kraftstoff in das Abgas mittels einer separaten Dosiereinrichtung, oder durch eine verspätete Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine erfolgen.

**[0039]** Zudem sorgt der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** bereits bei einer geringen eingespeicherten Menge von Ammoniak für die Reduktion von im Abgas enthaltenen Stickstoffoxiden in einer selektiven katalytischen Reduktionsreaktion (SCR = selective catalytic reduction, selektive katalytische Reduktion). In dieser Reaktion werden die im Abgas enthaltenen Stickstoffoxide mit dem Ammoniak zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Zum Bereitstellen des Ammoniaks wird die wässrige Harnstofflösung an der Zugabestelle **16** in den Abgasstrom eingebracht.

**[0040]** Demgegenüber hat der kupferhaltige SCR-Katalysator **26**, in welchem ebenfalls die SCR-Reaktion stattfindet, eine hohe Speicherkapazität für Ammoniak. Dies führt auch dazu, dass dem stromaufwärts angeordneten Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** kaum Ammoniak zugeführt wird.

**[0041]** Im Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30**, welcher im Gegensatz zu den beiden SCR-Katalysatoren **22**, **26** Edelmetalle, insbesondere Platingruppenmetalle, enthält, findet das Aufoxidieren des Ammoniaks statt. Jedoch wird auch in der Schicht **34** Ammoniak gespeichert. Wenn nun Ammoniak zu Stickstoffoxiden umgesetzt wird, so reagieren diese beim Hindurchtreten durch die Schicht **34** wiederum mit dem Ammoniak unter Bildung von Stick-

stoff und Wasser. Dadurch sind die Stickstoffoxidemissionen des Ammoniak-Schlupf-Katalysators **30** und auch des Oxidationskatalysators **32** besonders gering. Da so gut wie kein Ammoniak bis in den Oxidationskatalysator **32** gelangt, findet auch kaum eine Lachgasbildung an dem Oxidationskatalysator **32** statt. Daher weist vorzugsweise der Oxidationskatalysator **32** einen deutlich höheren Gehalt an Edelmetall auf als der Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30**. Dies führt wiederum dazu, dass mittels des Oxidationskatalysators **32** besonders gut die Temperatur des Abgases angehoben werden kann, um den Partikelfilter **14** zu regenerieren.

**[0042]** Eine Zelldichte, also eine Querschnittsfläche der in den einzelnen Katalysatoren vorgesehenen Kanäle bezogen auf die Fläche des Katalysators, kann bei dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator **22** im Bereich von 200 bis 400 Zellen pro Quadratzoll (cps) liegen, für den kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** im Bereich von 300 bis 600 cps und für den Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** sowie für den Oxidationskatalysator ebenfalls im Bereich von 300 bis 600 cps. Das Volumen der genannten Katalysatoren kann im Bereich von 0,2 bis 0,6 Litern bezogen auf einen Liter eines Hubvolumens der Verbrennungskraftmaschine liegen. Eine Menge des auf ein Trägermaterial der Katalysatoren aufgetragenen Washcoats, welcher die katalytisch wirksamen Substanzen enthält, kann für die SCR-Katalysatoren **22**, **26** im Bereich von 100 bis 300 Gramm pro Liter liegen. Der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** kann jedoch auch aus einem Vollextrudat gebildet sein, bei welchem das Katalysatormaterial mit dem Trägermaterial vermischt vorliegt.

**[0043]** Als Trägermaterial kommt üblicherweise ein keramischer Träger etwa in Form von Cordierit zum Einsatz, in welchem die rechteckigen Kanäle ausgebildet sind. Dieser keramische Träger wird dann mit dem sogenannten Washcoat beschichtet, welcher die katalytisch aktiven Komponenten enthält. Die Washcoat-Menge kann für den Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** im Bereich von 100 bis 500 Gramm pro Liter liegen und für den Oxidationskatalysator **32** im Bereich von 10 bis 150 Gramm pro Liter. Der Volumenanteil des jeweiligen Katalysators bezogen auf das Gesamtvolumen der den Hybridkatalysator **12** bildenden Katalysatoren kann im Bereich von 10 Prozent bis 50 Prozent für jeden einzelnen der Katalysatoren liegen, wobei die Summe der einzelnen Prozentzahlen der vorliegend vier Katalysatoren in Form des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators **22**, des kupferhaltigen SCR-Katalysators **26**, des Ammoniak-Schlupf-Katalysators **30** und des Oxidationskatalysators **32** stets 100 Prozent beträgt.

**[0044]** In Fig. 2 veranschaulicht ein Doppelpfeil **46** eine minimale Erstreckung der kupferhaltigen SCR-Schicht **34** in die Strömungsrichtung des Abgases

entlang des Ammoniak-Schlupf-Katalysators **30**. Die Schicht **34** erstreckt sich demgemäß über die gesamte axiale Länge des Ammoniak-Schlupf-Katalysators **30**. Ein weiterer Doppelpfeil **48** veranschaulicht die maximale Erstreckung der Schicht **34**. Entsprechend kann die Schicht **34** zwar den Oxidationskatalysator **32** über dessen gesamte axiale Länge bedecken. Vorzugsweise bleibt jedoch zumindest der stromabwärtige Teilbereich **36** des Oxidationskatalysators **32** frei von der Schicht **34**, wie dies in **Fig. 2** und auch in **Fig. 1** veranschaulicht ist.

**[0045]** Anhand von **Fig. 3** soll eine mögliche Betriebsweise der Abgasanlage **10** veranschaulicht werden. So gibt in einem ersten Graphen in **Fig. 3** eine Kurve **50** die Menge an langkettigen Kohlenwasserstoffen an, welche in Strömungsrichtung des Abgases durch den Hybridkatalysator **12** gesehen an jeweiligen Stellen des Hybridkatalysators **12** im Abgas vorliegen, welches den Hybridkatalysator **12** durchströmt. Demgemäß kommt es in dem vanadiumhaltigen SCR-Katalysator **22** zu einem Abbau der langkettigen Kohlenwasserstoffe. Es findet nämlich eine partielle Oxidation der Kohlenwasserstoffe statt. Dies führt zu einer Temperaturanhebung. Die in Strömungsrichtung des Abgases ansteigende Temperatur in dem Hybridkatalysator **12** ist in **Fig. 3** anhand einer weiteren Kurve **52** über die Länge des Hybridkatalysators **12** dargestellt. Des Weiteren werden für den kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** kurzkettige Kohlenwasserstoffe bereitgestellt. Der Gehalt an kurzkettigen Kohlenwasserstoffen bezogen auf die Länge des Hybridkatalysators **12** ist in **Fig. 3** durch eine weitere Kurve **54** veranschaulicht. In analoger Weise steigt ein Gehalt an Kohlenstoffmonoxid im Abgas an, wenn dieses den Hybridkatalysator **12** durchströmt. Der Kohlenstoffmonoxidgehalt ist in **Fig. 3** durch eine vierte Kurve **56** veranschaulicht. Gemäß den Kurven **54**, **56** sind am Ausgang des Oxidationskatalysators **32** die kurzkettigen Kohlenwasserstoffe und das Kohlenstoffmonoxid oxidiert. Dadurch wird die Temperatur (Kurve **52**) weiter angehoben.

**[0046]** Im Vergleich zu dem kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** zeichnet sich der vanadiumhaltige SCR-Katalysator **22** durch eine geringere Bildung von Lachgas aus. Sowohl im vanadiumhaltigen SCR-Katalysator **22** als auch im kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** findet eine Verringerung des Stickstoffoxidgehalts im Abgas statt, aufgrund der selektiven katalytischen Reduktionsreaktion von Ammoniak mit Stickstoffoxiden zu Stickstoff und Wasser. Es kann auch in dem kupferhaltigen SCR-Katalysator **26** zu einer Temperaturanhebung aufgrund einer partiellen Oxidation der Kohlenwasserstoffe kommen, nämlich der kurzkettigen Kohlenwasserstoffe (vergleiche Kurve **54**) und von Kohlenstoffmonoxid (vergleiche Kurve **56**). Auch dies führt zu einer entsprechenden Temperaturanhebung (vergleiche Kurve **52**). Des Weiteren

zeichnet sich der kupferhaltige SCR-Katalysator **26** durch eine sehr gute Verringerung des Stickstoffoxidgehalts bei niedrigen Temperaturen aus. In dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator **30** und dem Oxidationskatalysator **32** erfolgt dann eine weitere Temperaturanhebung durch die vollständige Oxidation der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenstoffmonoxids. Darüber hinaus findet hier eine sehr selektive Oxidation des Ammoniaks statt.

**[0047]** **Fig. 4** veranschaulicht eine Variante des Betriebs der Abgasanlage **10**, bei welcher zum Zwecke des Regenerierens des Partikelfilters **14** nicht nur die sekundäre Kraftstoffeinspritzung, also das Einbringen von Kraftstoff stromaufwärts des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators **22** mittels der Dosiereinrichtung stattfindet. Vielmehr wird zusätzlich eine späte Nacheinspritzung vorgenommen. Es wird also in die Zylinder der Verbrennungskraftmaschine Kraftstoff so spät eingespritzt, dass dieser nicht mehr an der Verbrennung teilnimmt, sondern unverbrannt in das Abgas gelangt.

**[0048]** Die Kurven **50**, **54**, **56** veranschaulichen wiederum die Verhältnisse im Hinblick auf das Vorhandensein der langkettigen Kohlenwasserstoffe (Kurve **50**), der kurzkettigen Kohlenwasserstoffe (Kurve **54**) sowie von Kohlenstoffmonoxid (Kurve **56**) in Strömungsrichtung des Abgases durch den Hybridkatalysator **12** gesehen. Jedoch zeigt eine Kurve **58** in **Fig. 4**, dass es über den Hybridkatalysator **12** hinweg zu einer stärkeren Anhebung der Temperatur kommt, als dies in der gemäß der in **Fig. 4** zum Vergleich ebenfalls dargestellten Kurve **52** der Fall ist.

**[0049]** In **Fig. 5** veranschaulicht eine erste, stark schematisiert und daher rechteckig dargestellte Kurve **60** das Einbringen von Kraftstoff in den Hybridkatalysator **12** über die späte Nacheinspritzung. Eine zweite solche Kurve **62** veranschaulicht das Einbringen von Kraftstoff über die Dosiereinrichtung, welche stromaufwärts des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators **22** in der Abgasanlage **10** vorgesehen ist, also die Sekundär-Kraftstoffeinspritzung.

**[0050]** Anhand einer weiteren Kurve **64**, welche den Verlauf der Temperatur als Funktion der Zeit darstellt, ist ersichtlich, dass die sekundäre Kraftstoffeinspritzung bevorzugt erst bei einer Temperatur von mehr als 300 Grad Celsius vorgenommen wird. In einem weiteren Graphen **66** in **Fig. 5** ist schematisch der zeitliche Verlauf des Gehalts an kurzkettigen Kohlenwasserstoffen durch eine Kurve **68**, von langkettigen Kohlenwasserstoffen durch eine Kurve **70** und von Kohlenstoffmonoxid durch eine Kurve **72** veranschaulicht. Demgemäß sorgt insbesondere die Sekundär-Kraftstoffeinspritzung für das Vorhandensein von langkettigen Kohlenwasserstoffen in dem Abgas. Demgegenüber werden durch die späte Nacheinspritzung aufgrund von Vorreaktionen im Brenn-

raum der Zylinder bei den dort herrschenden hohen Temperaturen und Drücken vorwiegend kurzkettige Kohlenwasserstoffe bereitgestellt.

**[0051]** Ein weiterer Graph **74** in **Fig. 5** veranschaulicht die ausgangsseitig des vanadiumhaltigen Katalysators **22** vorliegenden Verhältnisse. Dementsprechend sinkt aufgrund der ansteigenden Temperatur bis zum Einsetzen der Sekundär-Kraftstoffeinspritzung (Kurve **62**) der Gehalt an kurzkettigen Kohlenwasserstoffen ab (vergleiche Kurve **76** in **Fig. 5**). Des Weiteren werden aus den langkettigen Kohlenwasserstoffen kurzkettige Kohlenwasserstoffe gebildet. Folglich ist ausgangsseitig des vanadiumhaltigen SCR-Katalysators **22** eine Kurve **78** niedriger, welche den Gehalt an langkettigen Kohlenwasserstoffen angibt, als dies für die Kurve **70** im Graphen **66** der Fall ist. Schließlich veranschaulicht eine Kurve **80** in dem Graphen **74** das Bereitstellen von Kohlenstoffmonoxid durch den vanadiumhaltigen SCR-Katalysator **22**.

**58** Kurve  
**60** Kurve  
**62** Kurve  
**64** Kurve  
**66** Graph  
**68** Kurve  
**70** Kurve  
**72** Kurve  
**74** Kurve  
**76** Kurve  
**78** Kurve  
**80** Kurve

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Abgasanlage
<b>12</b>	Hybridkatalysator
<b>14</b>	Partikelfilter
<b>16</b>	Zugabestelle
<b>18</b>	Pfeil
<b>20</b>	Pfeil
<b>22</b>	SCR-Katalysator
<b>24</b>	vanadiumhaltiges Zeolithmaterial
<b>26</b>	SCR-Katalysator
<b>28</b>	kupferhaltiges Zeolithmaterial
<b>30</b>	Ammoniak-Schlupf-Katalysator
<b>32</b>	Oxidationskatalysator
<b>34</b>	Schicht
<b>36</b>	Teilbereich
<b>38</b>	Trägerkörper
<b>40</b>	Trägerkörper
<b>42</b>	Trägerkörper
<b>44</b>	Trägerkörper
<b>46</b>	Doppelpfeil
<b>48</b>	Doppelpfeil
<b>50</b>	Kurve
<b>52</b>	Kurve
<b>54</b>	Kurve
<b>56</b>	Kurve

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2014/0237995 A1 [0002]

### Patentansprüche

1. Abgasanlage für einen Kraftwagen, mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung zum Nachbehandeln von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine des Kraftwagens, wobei die Abgasnachbehandlungseinrichtung einen ersten SCR-Katalysator (26), welcher ein kupferhaltiges Zeolithmaterial (28) aufweist, einen Ammoniak-Schlupf-Katalysator (30), welcher stromabwärts des ersten SCR-Katalysators (26) angeordnet ist, und einen Partikelfilter (14) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts des ersten SCR-Katalysators (26) ein zweiter SCR-Katalysator (22) angeordnet ist, welcher ein vanadiumhaltiges SCR-Material (24) aufweist.

2. Abgasanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Abschnitt der Abgasanlage (10) zwischen dem zweiten SCR-Katalysator (22) und dem ersten SCR-Katalysator (26) und/oder zwischen dem ersten SCR-Katalysator (26) und dem Ammoniak-Schlupf-Katalysator (30) frei von wenigstens einem weiteren Katalysator ist.

3. Abgasanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Ausgangsseite des ersten SCR-Katalysators (26) an eine Eingangsseite des Ammoniak-Schlupf-Katalysators (30) angrenzt und/oder eine Eingangsseite des ersten SCR-Katalysators (26) an eine Ausgangsseite des zweiten SCR-Katalysators (22) angrenzt.

4. Abgasanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine wenigstens ein Edelmetall aufweisende Oberfläche des Ammoniak-Schlupf-Katalysators (30) eine Schicht (34) aus einem kupferhaltigen Zeolithmaterial aufgebracht ist.

5. Abgasanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts des Ammoniak-Schlupf-Katalysators (30) und stromaufwärts des Partikelfilters (14) ein Oxidationskatalysator (32) angeordnet ist.

6. Abgasanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ammoniak-Schlupf-Katalysator (30) und der Oxidationskatalysator (32) auf einem gemeinsamen Trägerkörper (38, 42) angeordnet sind.

7. Abgasanlage nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf eine wenigstens ein Edelmetall aufweisende Oberfläche des Oxidationskatalysators (32) eine Schicht (34) aus einem kupferhaltigen Zeolithmaterial aufgebracht ist, wobei ein stromabwärtiger Teilbereich (36) des Oxidationskatalysators (32) frei von der Schicht (34) ist.

8. Abgasanlage nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Edelmetallge-

halt des Ammoniak-Schlupf-Katalysators (30) kleiner ist als ein Edelmetallgehalt des Oxidationskatalysators (32).

9. Abgasanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste SCR-Katalysator (26) und der Ammoniak-Schlupf-Katalysator (30) oder der erste SCR-Katalysator (26) und der zweite SCR-Katalysator (22) auf einem gemeinsamen Trägerkörper (40, 42) angeordnet sind.

10. Abgasanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts des zweiten SCR-Katalysators (22) eine Dosiereinrichtung zum Einbringen von Kraftstoff in das dem zweiten SCR-Katalysator (22) zuzuführende Abgas vorgesehen ist und/oder stromabwärts des Partikelfilters (14) ein dritter SCR-Katalysator angeordnet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

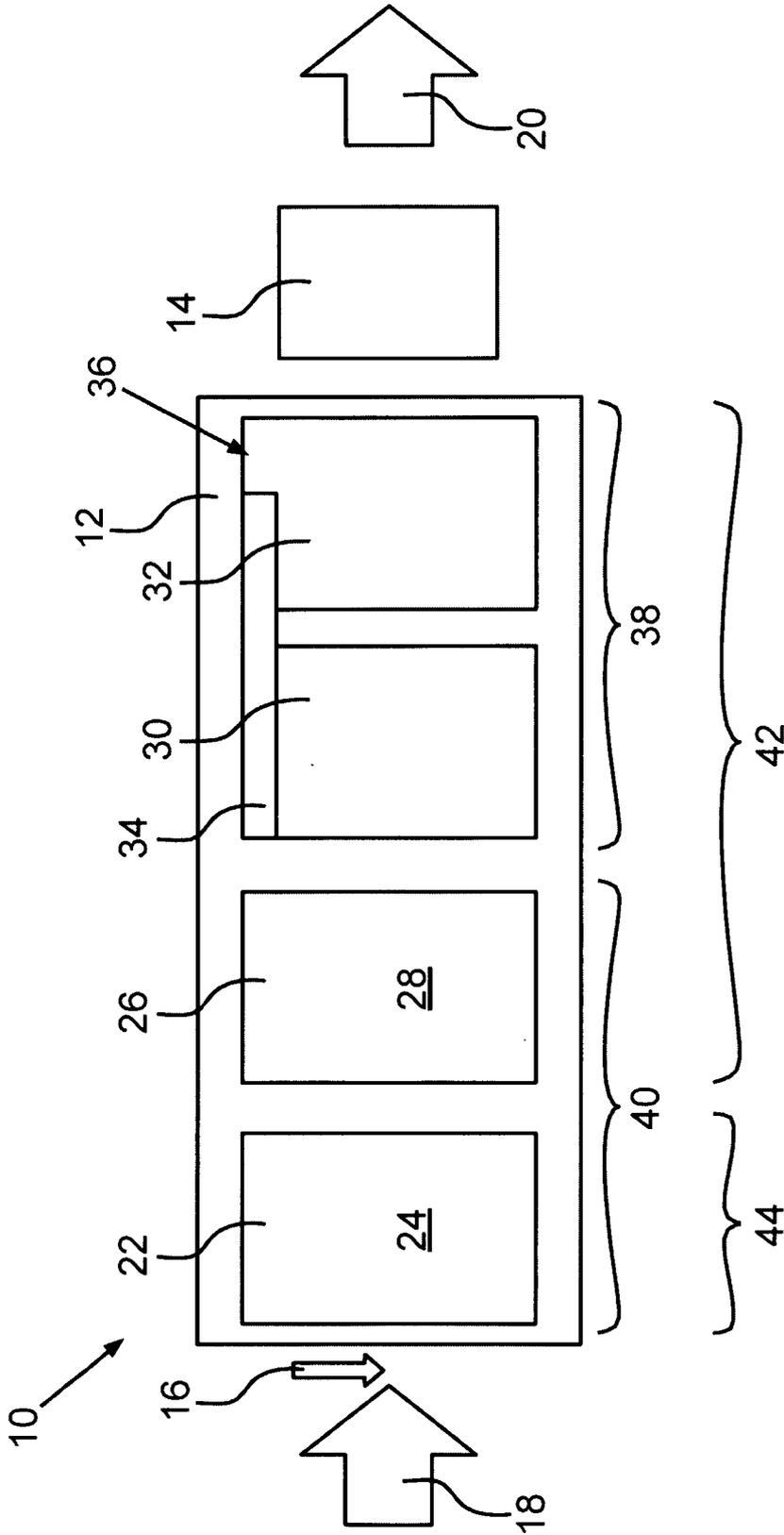


Fig.1

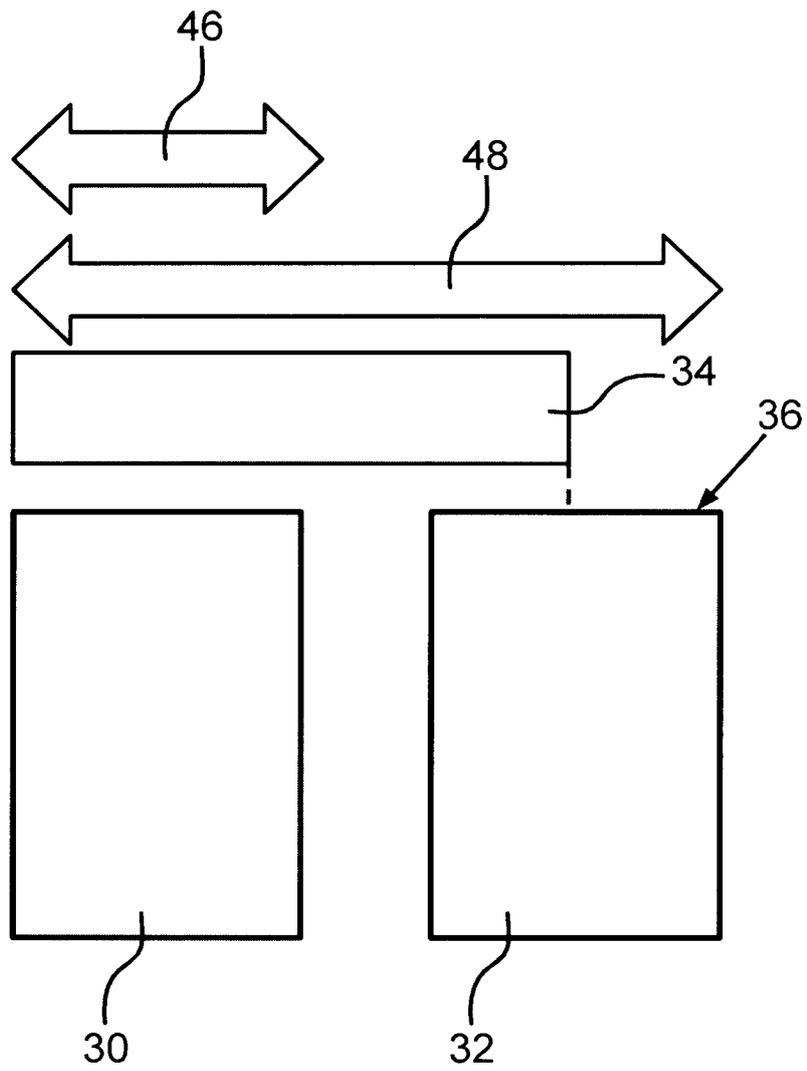


Fig.2

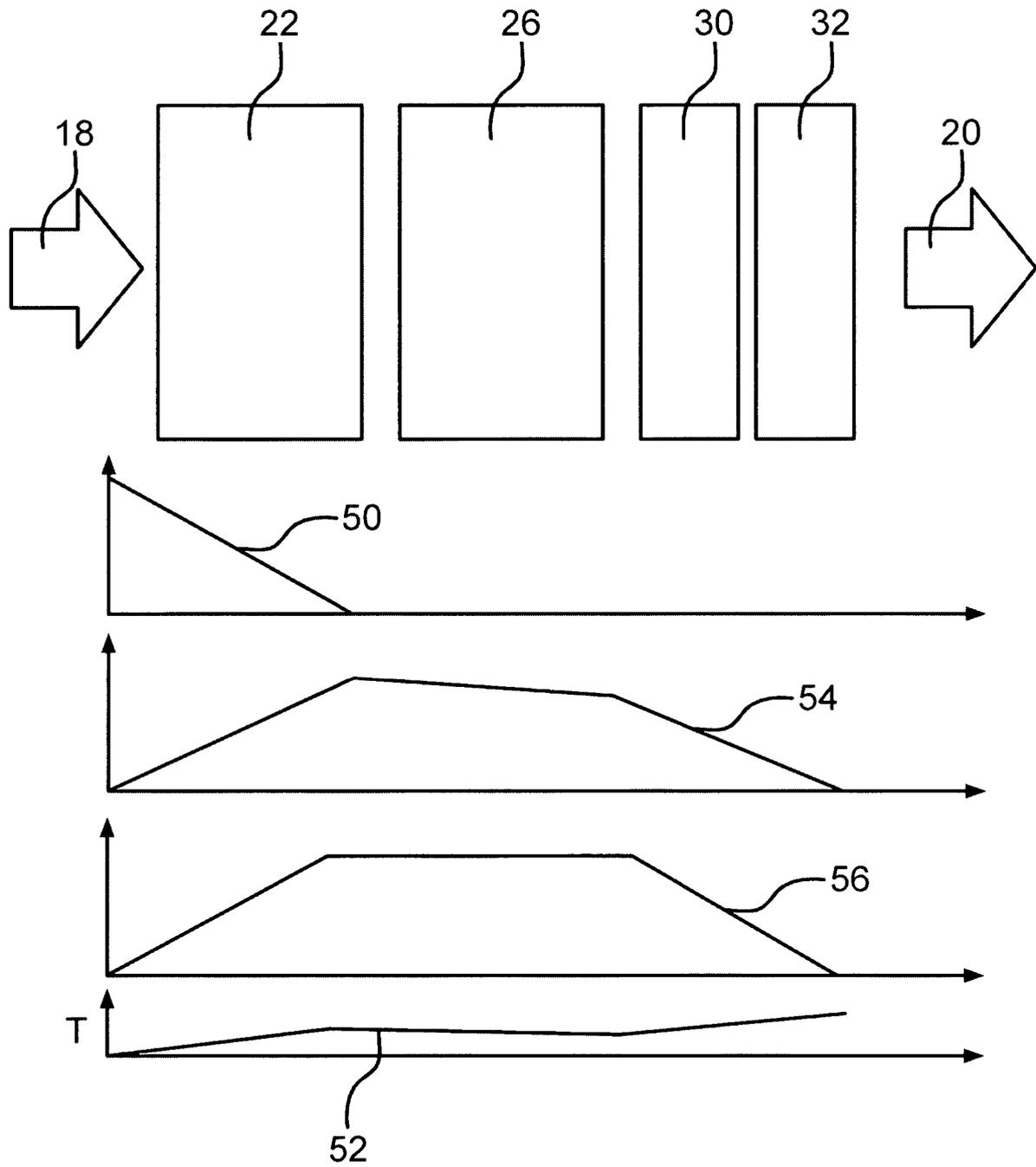


Fig.3

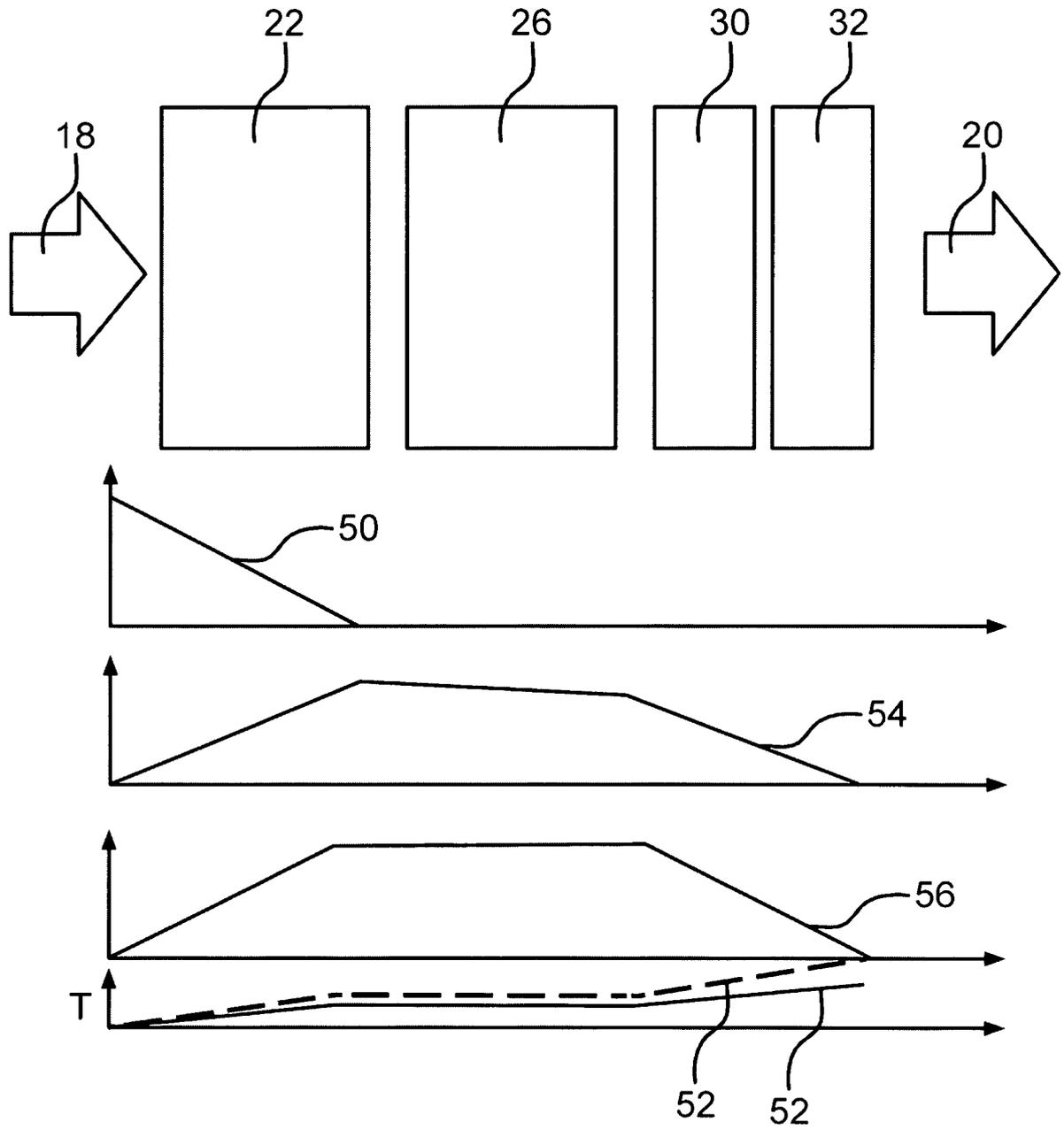


Fig.4

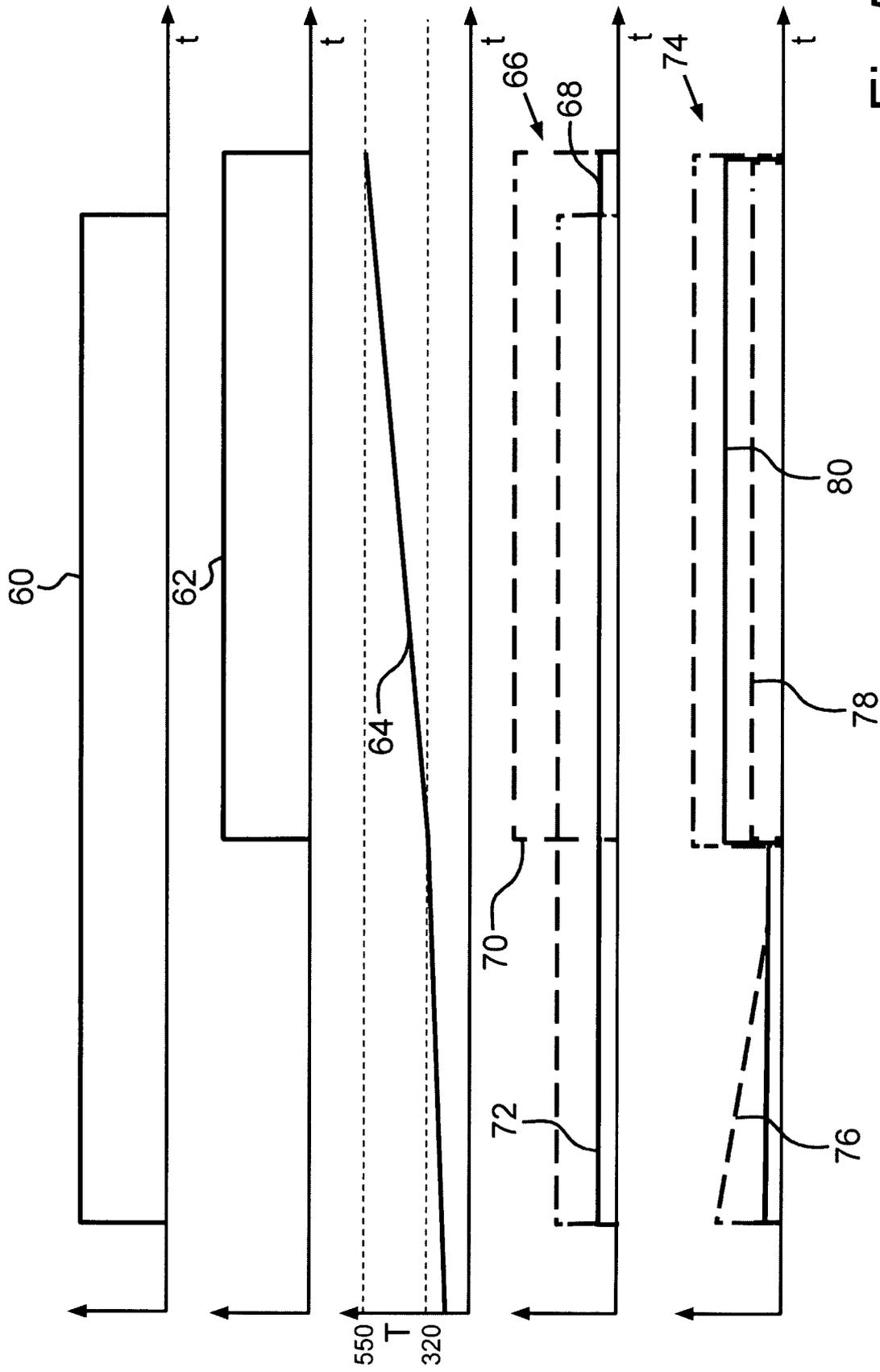


Fig. 5