

(19)



(11)

**EP 1 961 932 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.08.2008 Patentblatt 2008/35**

(51) Int Cl.:  
**F01N 3/025** (2006.01) **F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07405052.7**

(22) Anmeldetag: **21.02.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK RS**

(71) Anmelder: **Hochschule Rapperswil**  
**8640 Rapperswil (CH)**

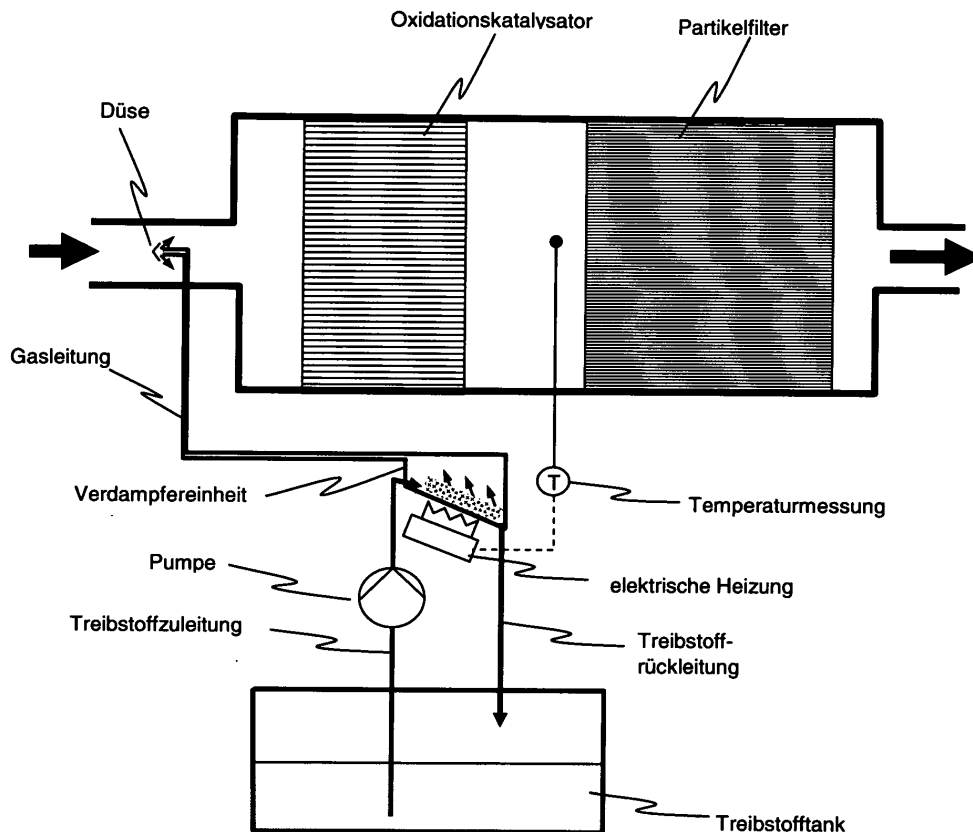
(72) Erfinder: **Bunge, Rainer, Prof. Dr.**  
**8057 Zürich (CH)**

### (54) Verfahren zur katalytischen Abgaserwärmung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur katalytischen Abgaserwärmung, wobei Treibstoff in den Abgasstrang eines Motors eingedüst und über einen Oxidationskatalysator verbrannt wird. Kennzeichnend für das erfindungsgemässe Verfahren ist, dass nur die leichtflüchtigen Inhaltsstoffe des Treibstoffs in den Abgasstrang eingedüst werden. Diese werden mittels Destilla-

tion von den schwerflüchtigen Inhaltsstoffen des Treibstoffs abgetrennt. So wird vermieden, dass die reaktionsträgeren schwerflüchtigen Inhaltsstoffe des Treibstoffs bei tiefen Abgastemperaturen in den Abgasstrang gelangen und zu einer Emission von unverbranntem Treibstoff führen. Die Figur zeigt die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens am Beispiel der Regeneration eines Russpartikeelfilters.

**FIGUR 1**



**EP 1 961 932 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung fällt in das Gebiet der Abgasreinigung. Sie betrifft ein Verfahren zur Erwärmung der Abgase von Motoren. Abgasreinigungssysteme sind, insbesondere bei modernen Dieselfahrzeugen, weit verbreitet. Besondere Bedeutung haben hierbei Russpartikelfilter und Entstickungssysteme erlangt. Problematisch ist bei diesen Abgasreinigungssystemen der Umstand, dass die Abgastemperatur häufig nicht hoch genug ist, um die erwünschten chemischen Reaktionen auszulösen. Und dies trotz des Einsatzes von diversen Katalysatoren, durch welche die chemischen Reaktionen beschleunigt werden sollen.

**[0002]** Ein Beispiel sind Russpartikelfilter, für deren Regeneration die Abgastemperatur häufig trotz katalytischer Beschichtung des Filtermaterials nicht ausreicht. Ein anderes Beispiel sind Entstickungssysteme nach dem SCR-Prinzip, welche erst bei Abgastemperaturen oberhalb von etwa 200°C anspringen. Bei solchen SCR-Systemen besteht noch das zusätzliche Problem, dass sich der häufig als Reduktionsmittel verwendete Harnstoff erst bei hohen Temperaturen in den zur chemischen Reaktion notwendigen Ammoniak umwandelt.

**[0003]** Besonders gravierend werden die Probleme, wenn Abgasnachreinigungssysteme aus Platzgründen nicht direkt hinter dem Motor angebracht werden können, sondern mit diesem durch lange Rohrleitungen verbunden sind. Diese Rohrleitungen müssen aufwändig isoliert werden, um die Temperaturverluste zu minimieren.

**[0004]** Aus den genannten Gründen besteht Bedarf nach Möglichkeiten, um das Abgas aus dem Motor nachträglich aufzuheizen. Eine Methode, um dies zu erreichen, besteht darin Treibstoff in den Abgasstrom einzudüsen. Dieser Treibstoff verbrennt mit Sauerstoff, welcher insbesondere in den Abgasen von Dieselmotoren stets verfügbar ist. Hierbei wird Wärme freigesetzt und der Abgasstrom erhitzt. Häufig wird diese Verbrennung nicht mittels einer offenen Flamme durchgeführt, sondern über Oxidationskatalysatoren ("katalytische Verbrennung").

**[0005]** Nach dem Stand der Technik sind diverse Systeme zur katalytischen Verbrennung bekannt. Alle diese Systeme besitzen eine Treibstoffzuleitung, durch welche der Treibstoff in den Abgasstrom eingeleitet wird. Die Systeme unterscheiden sich darin, auf welche Weise der Treibstoff so vorbehandelt wird, sodass er im Oxidationskatalysator möglichst vollständig verbrannt wird.

**[0006]** Einige Systeme lösen das Problem der unvollständigen Treibstoffverbrennung dadurch, dass der Treibstoff bei der Zugabe in den Abgasstrang sehr fein verdüst wird, z.B. mit Druckluft unter Verwendung von Mehrstoffdüsen (z.B. das System CCT der stt-emtec; [www.sttemtec.com](http://www.sttemtec.com) sowie das System DBS der PURITECH; [www.puritech.de](http://www.puritech.de)). Diese Massnahme ist nicht dazu geeignet die bei tiefen Abgastemperaturen schwerflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe tatsächlich vollständig auf dem Oxidationskatalysator umzusetzen.

**[0007]** Andere Systeme spalten die schwerflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe vor der Eindüsung in den Abgasstrang in einem Reformer (Bromberg US2005 0274104A1). Dieses Verfahren ist technisch sehr aufwändig.

**[0008]** Wieder andere Systeme leiten den Treibstoff zunächst über einen Verdampfer, in welchem der Treibstoff (partiell) verdampft wird und dann vollständig als Gemisch von Gas, Dampf und Flüssigkeit in den Abgasstrom eingebracht wird (z.B. der "fuel vaporizer" von Arvin Meritor MTZ 9(2004)65 pp. 658ff. ; Andreas Mayr et al in SAE-NA 2003-01-50; W. Addy Majewski "Filters Regenerated by Fuel Combustion" in [www.dieseln.net.com/tech/dpf\\_sys\\_fuel.html](http://www.dieseln.net.com/tech/dpf_sys_fuel.html)). Diese Systeme bilden den unserer Erfindung am nächsten liegenden Stand der Technik. Problematisch ist bei diesen Systemen, dass die hoch siedenden Treibstoffinhaltsstoffe, insbesondere wenn Diesel verwendet wird, bei tiefen Abgastemperaturen nicht vollständig katalytisch umgesetzt werden. Dies führt zu einem Ausstoss an unverbrannten Treibstoffinhaltsstoffen.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein technisch einfaches und robustes Verfahren zu schaffen, das es erlaubt, eine Abgasnacherhitzung mittels katalytischer Verbrennung von Treibstoff zu bewerkstelligen, ohne dass bei niedrigen Abgastemperaturen unverbrannte Treibstoffinhaltsstoffe mit dem gereinigten Abgas emittiert werden. Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren, wie in den Patentansprüchen definiert.

**[0010]** Nach dem erfindungsgemässen Verfahren wird der Treibstoff aus dem Tank entnommen und destilliert. Dann wird nur der verdampfte Anteil über den Abgasstrang in den Katalysator eingeleitet, während der unverdampfte Anteil in den Tank zurückgeleitet wird.

**[0011]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass Treibstoffe in der Regel aus einem Gemisch von Inhaltsstoffen mit unterschiedlichen Siedepunkten bestehen und dass die niedrig siedenden Inhaltsstoffe sich auf einem Oxidationskatalysator wesentlich besser umsetzen, als die hoch siedenden Inhaltsstoffe. Dies wurde insbesondere durch unsere umfangreichen vergleichenden Laborversuche mit Dieselöl (Siedepunkte 170-390°C) und Petroleum (Siedepunkte 160-290°C) bestätigt.

**[0012]** Beim erfindungsgemässen Verfahren wird die Destillation maximal bei Abgastemperatur durchgeführt und somit werden nur die Treibstoffinhaltsstoffe verdampft, welche niedrigere Siedepunkte haben, als die Abgastemperatur beträgt. Damit wird sichergestellt, dass die in den Oxidationskatalysator gelangenden Treibstoffinhaltsstoffe gasförmig sind und sich auf diesem vollständig umsetzen. Dies im Gegensatz zu den nach dem Stand der Technik bekannten Treibstoffverdampfern. Jene verfügen über keine Rückleitung des Treibstoffs in den Tank, sondern sind so eingerichtet, dass der gesamte aus dem Tank gezogene Treibstoff in den Abgasstrang eingeleitet wird. Dies führt nach der Einleitung des bei hohen Temperaturen verdampften Treibstoffes in den kühleren Katalysator zu einer Kondensation der schwer-

flüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe, welche auf dem Katalysator nur unvollständig oxidieren und in der Folge die Schadstoffemissionen erhöhen (insbesondere HC).

**[0013]** Beispielhafte Vorrichtungen zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens werden anhand der folgenden Figuren im Detail beschrieben.

**[0014]** Figur 1 zeigt eine katalytische Regenerations-einheit für einen Partikelfilter. Der Treibstoff wird über die Treibstoffzuleitung mittels einer Pumpe in den Verdampfer geleitet. Im elektrisch beheizten Verdampfer wird der Treibstoff auf etwa die Temperatur erhitzt, die hinter dem Oxidationskatalysator gemessen wird. Die verdampften leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe werden über die Gasleitung und eine Düse in den Abgasstrom eingeleitet. Die unverdampften schwerflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe fliessen in den Treibstofftank zurück.

**[0015]** Figur 2 zeigt eine zweite, beispielhafte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens. Hier wird der Treibstoff wird gegen die Innenseite eines vom Abgasstrom aussen erhitzten Heizkörpers geleitet. Die Treibstoffinhaltsstoffe, welche bei der Temperatur des Abgases flüchtig sind, verdampfen und werden über die Gasleitung und eine Düse vor dem Katalysator in den Abgasstrom eingeleitet. Die bei der Abgastemperatur nicht flüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe fliessen, nach Wärmeaustausch mit dem zuströmenden Treibstoff, zurück in den Tank.

**[0016]** In Figur 3 ist eine Variante der Vorrichtung aus Figur 2 dargestellt. Hier ist der Verdampfer in den Abgasstrang derart integriert, sodass eine selbstregelnde Verdampfung stattfindet. Mit fortschreitender Erwärmung des Abgasstroms steigt auch die Temperatur im Verdampfer an. In der Folge werden mit im Verlauf der Regeneration auch höher siedende Treibstoffinhaltsstoffe verflüchtigt.

**[0017]** Bei den in den Figuren 1 bis 3 dargestellten offenen Treibstoffrückleitungen werden Druckschwankungen im Abgasstrang über die Gasleitung und die Treibstoffrückföhrleitung in den Treibstofftank fortgesetzt. Dies kann verhindert werden, indem die Treibstoffrückföhrleitung ebenso wie die Treibstoffzuleitung mit einer geeigneten Pumpe oder mit einem Ventil bestückt wird.

**[0018]** Die Destillation der leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe kann auch mittels Unterdruck stattfinden, wie in Figur 4 dargestellt. Die Verdampfeinheit wird in diesem Beispiel diskontinuierlich betrieben. Sie besteht aus einem Vorlagebehälter, welcher mittels der Pumpe evakuiert wird. Der Vorlagebehälter wird zunächst bei offenem Absperrventil aus dem Treibstofftank gefüllt. Anschliessend wird das Absperrventil geschlossen und der Vorlagebehälter sukzessive evakuiert. Durch die nun erfolgende Destillation werden die leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe verdampft und über die Pumpe abgezogen. Hinter der Pumpe kondensieren die leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe wieder und werden flüssig in den Abgasstrom eingedüst. Nach Beendigung des Regenerationsprozesses wird die Pumpe reversiert, das

Absperrventil geöffnet und das schwerflüchtige Sumpfprodukt aus dem Verdampfer zurück in den Treibstofftank geleitet.

**[0019]** Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellten beispielhaften Ausführungsformen können in nahe liegender Weise miteinander kombiniert werden. So kann beispielsweise der in Figur 4 dargestellte Verdampfer zusätzlich mit der in Figur 1 dargestellten elektrischen Heizung ausgestattet werden. Auf diese Weise können die Anforderungen an das von der Pumpe zu erzeugende Vakuum reduziert werden.

**[0020]** Das erfindungsgemässe Verfahren kann on-line, wie in den Figuren 1-4 dargestellt, oder aber off-line betrieben werden. Im zweiten Fall wird ein Vorratsbehälter vorgesehen, in dem die abdestillierten leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe gespeichert werden. Bei Bedarf werden diese Treibstoffinhaltsstoffe in den Abgasstrom eingeföhrt.

**[0021]** Eine derartige Variante ist in Figur 5 ausgeföhrt. Hier wird der Treibstoff durch den mittels der Pumpe erzeugten Unterdruck in den Verdampfer gezogen, welcher auf eine bestimmte Temperatur, z.B. 210°C, aufgeheizt wird. Die abdestillierten Treibstoffdämpfe werden auf ein Adsorbens aufgezogen und dort gespeichert. Nach Beladung des Adsorbens wird die Pumpe reversiert und die schwerflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe fliessen zurück in den Tank. Erst bei Bedarf, z.B. bei der Filterregeneration, wird das Adsorbens ausgeheizt und die leichtflüchtigen Treibstoffdämpfe werden in den Abgasstrang eingeleitet. Die Desorption wird zusätzlich durch Unterdruck mittels der Pumpe geföhrt.

**[0022]** Bei dem erfindungsgemässen Verfahren verändert sich die Zusammensetzung des Treibstoffs im Tank derart, dass schwerflüchtige Treibstoffinhaltsstoffe angereichert werden. Die Wirkungsweise des Motors wird hierdurch allerdings nicht beeinträchtigt, da die zur Abgaserwärmung notwendige Treibstoffmenge viel geringer ist, als der Verbrauch des Motors. Der Rückfluss an schwerflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffen ist, gemessen an dem Tankinhalt, so gering, dass keine motorenrelevante Veränderung der Treibstoffqualität stattfindet.

**[0023]** Um das erfindungsgemässe Verfahren zu unterstützen, kann dem in den Verdampfer abgezogenen Treibstoff nach Bedarf eine kleine Menge einer leichtflüchtigen organischen Flüssigkeit beigemischt werden, welche beim Destillationsprozess in die Gasphase überföhrt wird. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Treibstoff selbst über nur wenige leichtflüchtige Inhaltsstoffe verfügt, was beispielsweise bei Schweröl der Fall ist.

**[0024]** Das Verfahren eignet sich neben der oben diskutierten Regeneration von (katalytisch beschichteten) Partikelfiltern vor allem auch zum Betrieb von SCR-Systemen bei tiefen Abgastemperaturen. Konventionelle SCR-Systeme erfordern Betriebstemperaturen oberhalb 220°C, insbesondere deswegen, weil der als Reduktionsmittel verwendete Harnstoff bei niedrigeren Temperaturen nur unvollständig hydrolysiert. Durch eine dem

SCR vorgeschaltete oxidationskatalytische Abgaserwärmung kann mit dem erfindungsgemässen Verfahren der SCR-Katalysator bereits bei Rohabgas-Temperaturen unterhalb 200°C betrieben werden.

### Patentansprüche

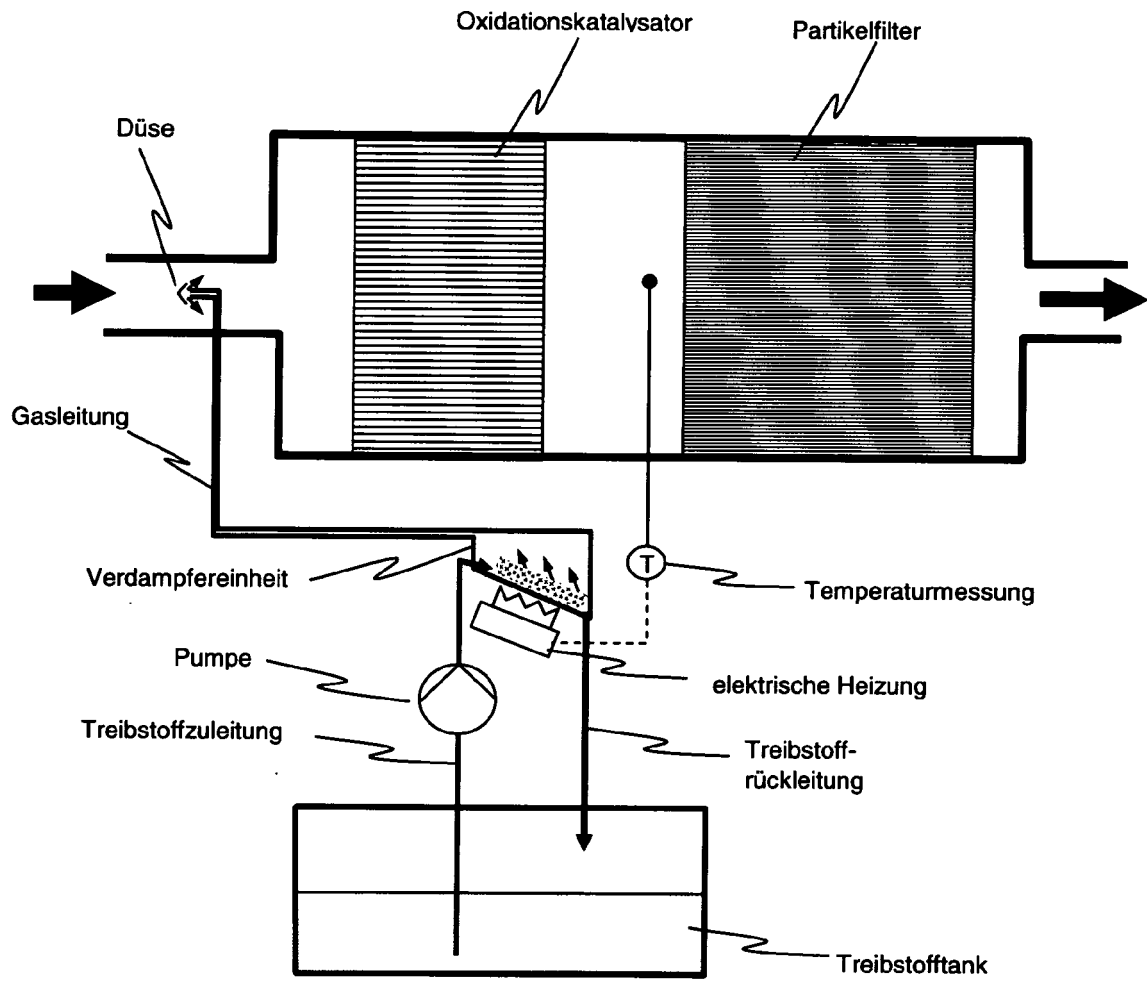
1. Verfahren zur oxidationskatalytischen Abgaserwärmung bei Motoren, wobei Treibstoff aus einem Treibstofftank entnommen und in verdampfter Form in das Abgas eingeleitet wird **dadurch gekennzeichnet, dass** die leichtflüchtigen Inhaltsstoffe des Treibstoffes abdestilliert und in den Abgasstrang eingebracht werden, und dass die schwerflüchtigen Inhaltsstoffe des Treibstoffes im Treibstofftank zurückbleiben oder in diesen zurückgelangen. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibstoff Dieselöl ist. 10
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** als leichtflüchtige Inhaltsstoffe des Treibstoffes solche definiert sind, deren Siedepunkte unterhalb der Abgastemperatur liegen, die hinter dem Oxidationskatalysator gemessen wird. 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** als leichtflüchtige Inhaltsstoffe des Treibstoffes solche definiert sind, deren Siedepunkte unterhalb 320° C liegen, vorzugsweise unterhalb 260°C. 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Destillation bei Unterdruck erfolgt. 25
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Treibstoff vor der Verdampfung eine organische Flüssigkeit zugesetzt wird, die einen Siedepunkt unterhalb 260°C hat, vorzugsweise unterhalb 220°C. 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** die leichtflüchtigen Treibstoffinhaltsstoffe nach der Destillation gespeichert werden, insbesondere in einem beheizbaren Adsorber. 35
8. Vorrichtung zur katalytischen Abgaserhitzung bei Motoren mittels eines Treibstoffverdampfers, welcher durch eine Treibstoffzufuhrleitung mit einem Treibstofftank verbunden ist und mit einer Gasleitung mit dem Abgasstrang verbunden ist **dadurch gekennzeichnet, dass** der Treibstoffverdampfer mit einem Mittel zur Rückleitung von Treibstoff in den Treibstofftank bestückt ist. 40

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel zur Rückleitung von Treibstoff in den Treibstofftank eine von der Treibstoffzufuhrleitung separate Leitung ist. 45

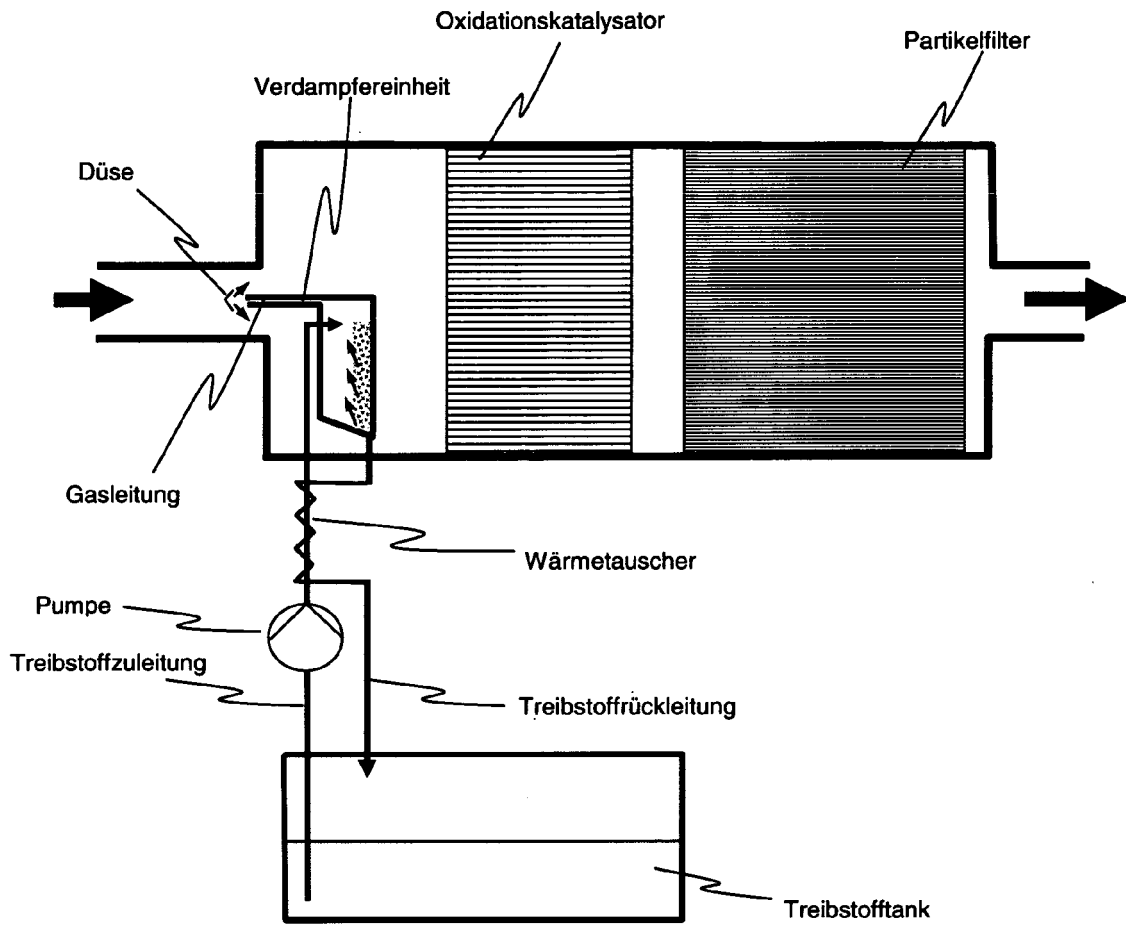
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel zur Rückleitung von Treibstoff in den Treibstofftank die Treibstoffzufuhrleitung ist, welche mittels geeigneter Armaturen so eingerichtet ist, dass der Treibstoff in den Treibstofftank zurückgefördert werden kann. 50

11. Anwendung des in den Ansprüchen 1 bis 7 beschriebenen Verfahrens zur Regeneration von Russ-Partikelfiltern. 55

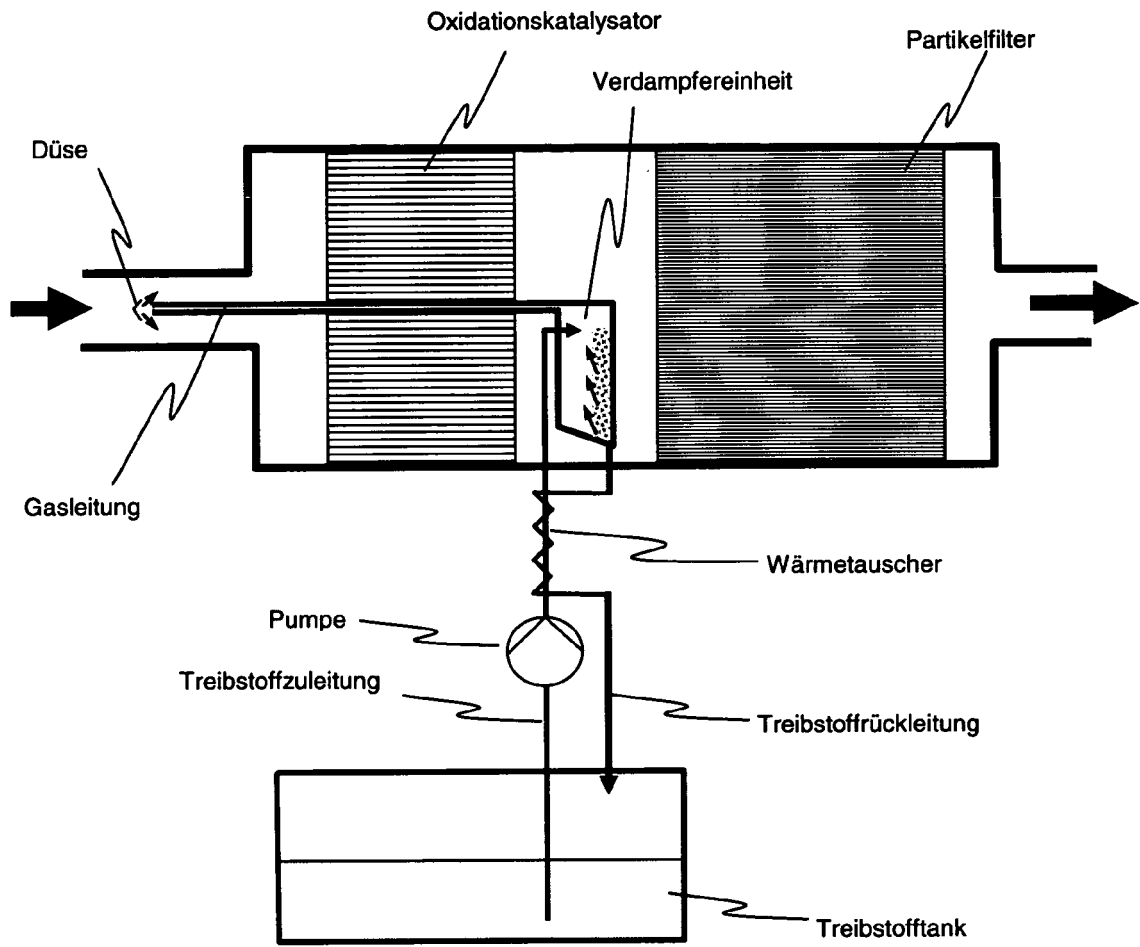
FIGUR 1



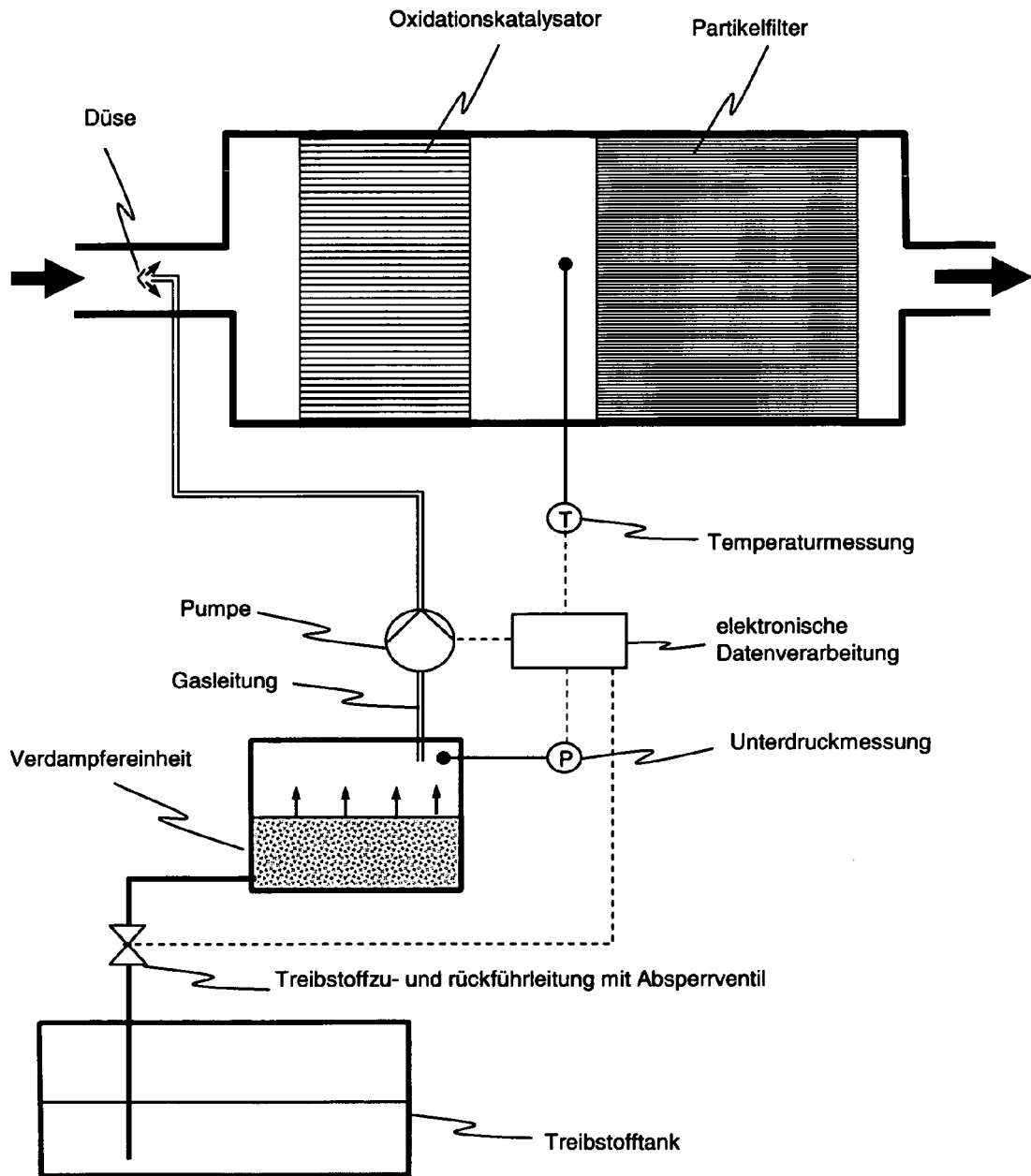
FIGUR 2



FIGUR 3

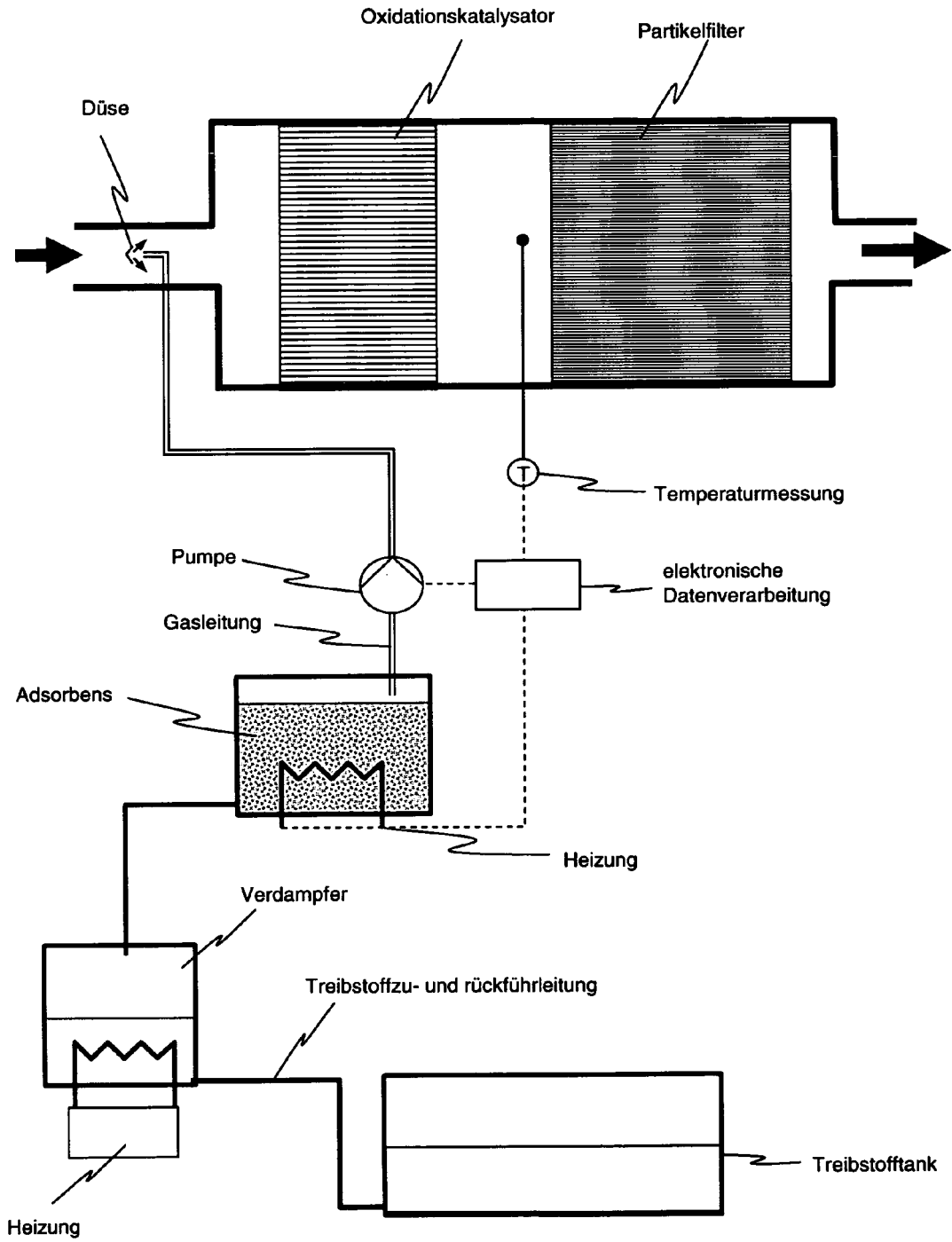


FIGUR 4





FIGUR 5





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 100 18 792 C1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 13. September 2001 (2001-09-13) * Spalte 4, Zeile 25 - Zeile 38; Abbildungen *	1-3,5,8, 9,11	INV. F01N3/025 F01N3/20 F01N3/035
X	JP 04 148014 A (BABCOCK HITACHI KK) 21. Mai 1992 (1992-05-21) * Zusammenfassung *	1-4,6, 8-11	
X	GB 2 295 561 A (LUCAS IND PLC [GB]) 5. Juni 1996 (1996-06-05) * Zusammenfassung *	1-3,7-9	
X	US 6 957 528 B1 (CHO BYONG KWON [US]) 25. Oktober 2005 (2005-10-25) * Spalte 4, Zeile 28 - Zeile 38; Abbildungen *	1,2,8,9	
X	GB 2 303 565 A (FORD MOTOR CO [GB]) 26. Februar 1997 (1997-02-26) * Zusammenfassung * * Seite 5, letzter Absatz - Seite 6, Absatz 1 *	1,5,7	
X	JP 11 210447 A (TOYOTA MOTOR CORP; NIPPON SOKEN) 3. August 1999 (1999-08-03) * Zusammenfassung *	1,2,8,9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01N
3	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 19. Juli 2007	Prüfer Torle, Erik
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 40 5052

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-07-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10018792	C1	13-09-2001	KEINE	
-----				
JP 4148014	A	21-05-1992	KEINE	
-----				
GB 2295561	A	05-06-1996	KEINE	
-----				
US 6957528	B1	25-10-2005	KEINE	
-----				
GB 2303565	A	26-02-1997	KEINE	
-----				
JP 11210447	A	03-08-1999	KEINE	
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 20050274104 A1, Bromberg [0007]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **VON ARVIN.** fuel vaporizer. *Meritor MTZ*, 2004, vol. 9 (65), 658ff [0008]
- **ANDREAS MAYR et al.** *SAE-NA*, 2003, vol. 01, 50 [0008]
- **W. ADDY MAJEWSKI.** *Filters Regenerated by Fuel Combustion,* [www.diesel-net.com/tech/dpf\\_sys\\_fuel.html](http://www.diesel-net.com/tech/dpf_sys_fuel.html) [0008]