



CH 681 429 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 681 429 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: B 01 D 53/36  
F 01 N 3/28  
B 01 J 27/053  
B 01 J 23/22

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 2944/91

⑫② Anmeldungsdatum: 04.10.1991

⑫③ Priorität(en): 10.10.1990 DE 4032085

⑫④ Patent erteilt: 31.03.1993

⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht: 31.03.1993

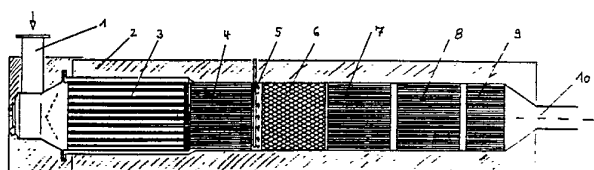
⑫⑦ Inhaber:  
Didier-Werke AG, Wiesbaden (DE)

⑫⑦ Erfinder:  
Grimm, Daniel, Bad Schwalbach (DE)  
Kainer, Hartmut, Dr., Wiesbaden 12 (DE)  
Schnelle, Wilfried, Dr., Wiesbaden (DE)  
Schütz, Wilfried, Dr., Geisenheim (DE)

⑫⑦④ Vertreter:  
Rebmann-Kupfer & Co., Zürich

⑫⑤④ Katalysatoranordnung zur Reduktion von Stickoxiden.

⑫⑤⑦ Bei einer Katalysatoranordnung zur Reduktion von Stickoxiden in einem Abgas fällt dieses in einem weiten Temperaturbereich an. Um in diesem Temperaturbereich eine ausreichende Entstickungsleistung und eine Anpassbarkeit an den jeweiligen Abgastemperaturbereich zu erreichen, sind in Strömungsrichtung des Abgases hintereinander wenigstens zwei Katalysatorbetten (7, 8) aus unterschiedlichen Katalysatormaterialien zur Reduktion von Stickoxiden angeordnet. Die unterschiedlichen Katalysatormaterialien weisen ihre stärkste katalytische Wirkung in unterschiedlichen, benachbarten Teilbereichen des Abgastemperaturbereichs auf.



CH 681 429 A5

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Katalysatoranordnung zur Reduktion von Stickoxiden in einem Abgas, das in einem weiten Abgastemperaturbereich anfällt.

Bei Verbrennungsmotoren, die der Stromerzeugung dienen, ist die Drehzahl meist konstant, so dass sich auch der Abgasvolumenstrom kaum ändert. In Abhängigkeit von der Belastung des Motors ändert sich jedoch die Abgastemperatur und dementsprechend der  $\text{NO}_x$ -Gehalt. Der Abgastemperaturbereich liegt beispielsweise zwischen  $290^\circ\text{C}$  und  $460^\circ\text{C}$ .

In der Zeitschrift «Staub-Reinhaltung der Luft» 49 (1989), Seiten 37 bis 43, sind verschiedene Katalysatormaterialien beschrieben, die sich bei höheren Abgastemperaturen bzw. bei niedrigeren Abgastemperaturen einsetzen lassen.

Weitere Katalysatormaterialien sind in der DE 3 505 648 C2 und in der EP 0 168 811 B1 beschrieben.

Beim Stand der Technik wurde davon ausgegangen, dass für den Katalysator jeweils ein einziges Katalysatormaterial verwendet wird, das den Abgastemperaturbereich abdeckt. Dies ist in der Praxis schwer zu verwirklichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Katalysatoranordnung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, die in einem weiten Abgastemperaturbereich eine ausreichende Entstickungsleistung aufweist und die an den jeweiligen Abgastemperaturbereich anpassbar ist.

Erfindungsgemäss ist obige Aufgabe dadurch gelöst, dass in Strömungsrichtung des Abgases hintereinander wenigstens zwei Katalysatorbetten aus unterschiedlichen Katalysatormaterialien zur Reduktion von Stickoxiden angeordnet sind und dass die unterschiedlichen Katalysatormaterialien ihre stärkste katalytische Wirkung in unterschiedlichen, benachbarten Teilbereichen des Abgastemperaturbereichs aufweisen.

Dadurch, dass wenigstens zwei unterschiedliche Katalysatormaterialien im Abgasstrom liegen, können diese im Hinblick auf eine optimale Wirkung in einem Teilbereich des Abgastemperaturbereichs des Motors ausgewählt werden. Die Katalysatoranordnung lässt sich damit auf einfache Weise an die Charakteristik des Abgasstromes des jeweiligen Motors anpassen. Wenn bei höheren Temperaturen eine grössere Menge von Stickoxiden reduziert werden muss als bei niedrigeren Abgastemperaturen, dann lässt sich das Katalysatorbett, das bei höheren Temperaturen hauptsächlich wirksam ist, entsprechend auslegen.

Insgesamt lässt sich die notwendige Entstickungsleistung im gesamten Abgastemperaturbereich sicherstellen, ohne dass hierfür ein einziges, speziell auf den jeweiligen Abgastemperaturbereich ausgelegtes Katalysatormaterial vorzusehen ist. Es kann genügen, zwei Katalysatorbetten vorzusehen, deren eines bei niedrigen Temperaturen und deren anderes bei höheren Temperaturen des Abgastemperaturbereichs wirksam ist. Es können jedoch auch für mittlere Temperaturbereiche weitere

Katalysatorbetten mit entsprechend ausgewählten Katalysatormaterialien vorgesehen sein.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Katalysatoranordnung im Schnitt und Fig. 2 ein Abgas/Temperatur-Diagramm.

Eine Katalysatoranordnung weist einen Einlass 1 für einen Abgasstrom eines Verbrennungsmotors auf. In einem Gehäuse 2 sind in Strömungsrichtung des Abgases hintereinander ein Russpartikelfilter 3, ein Temperaturspitzenpuffer 4, eine Eindüsvorrichtung 5 für Ammoniak, ein Strömungsmischer 6, ein erstes Denox-Katalysatorbett 7, ein zweites Denox-Katalysatorbett 8 und ein Oxidations-Katalysatorbett 9 angeordnet. Letzterem folgt ein Auslass 10.

Der Russpartikelfilter 3 filtert Russpartikel aus dem Abgas. Beim Abbrennen der angelagerten Russpartikelfilter treten Temperaturspitzen auf. Diese werden im Temperaturspitzenpuffer 4 ausgeglichen, so dass die nachfolgenden Bauteile nicht geschädigt werden.

In den gefilterten Abgasstrom wird mittels der Eindüsvorrichtung 5 Ammoniak verteilt eingedüst. Der mit Ammoniak geladene Abgasstrom wird im Strömungsmischer 6 ausgerichtet und homogenisiert.

Das erste Katalysatorbett 7 enthält ein Katalysatormaterial, dessen Wirkungsoptimum in einem höheren Temperaturbereich liegt als das Katalysatormaterial des zweiten Katalysatorbettes 8. Das Katalysatormaterial des ersten Katalysatorbettes 7 ist beispielsweise auf der Basis von Eisensulfat  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  oder eines Molekularsiebes (Zeolith) aufgebaut. Das Katalysatormaterial des zweiten Katalysatorbettes 8 arbeitet beispielsweise mit einem Gemisch aus Titanoxid ( $\text{TiO}_2$ ) und Vanadiumpentoxid ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) oder einem Gemisch aus Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

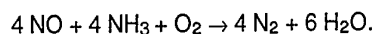
In Fig. 2 ist strichliert für einen Anwendungsfall die  $\text{NO}_x$ -Belastung des Abgases am Einlass 1 in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur dargestellt. Dabei ist davon ausgegangen, dass in diesem Einsatzfall der Abgastemperaturbereich etwa zwischen  $290^\circ\text{C}$  und  $460^\circ\text{C}$  liegt. Die  $\text{NO}_x$ -Belastung des Abgasstromes steigt von der Temperatur von  $300^\circ\text{C}$  bis zur Temperatur von  $450^\circ\text{C}$  praktisch linear von 1000 ppm auf über 2000 ppm.

Die strichpunktierte Linie in Fig. 2 zeigt die temperaturabhängige Wirkung des Katalysatormaterials des ersten Katalysatorbettes 7. Ersichtlich ist die Wirkung dieses Katalysatormaterials in dem niedrigen Temperaturbereich zwischen  $300^\circ\text{C}$  und  $400^\circ\text{C}$  geringer als im Bereich zwischen  $400^\circ\text{C}$  und  $460^\circ\text{C}$ . Die punktierte Linie in Fig. 2 zeigt die katalytische Wirkung des Katalysatormaterials des zweiten Katalysatorbettes 8. Ersichtlich nimmt dessen Wirkung ab etwa  $400^\circ\text{C}$  ab.

Die durchgezogene Linie in Fig. 2 zeigt den auslassseitigen  $\text{NO}_x$ -Gehalt des Abgases im Abgastem-

peraturbereich. Bis etwa 430°C liegt der NO<sub>x</sub>-Gehalt am Ausgang unter 100 ppm. Danach steigt bis etwa 460°C der NO<sub>x</sub>-Gehalt wenig über 100 ppm, ohne jedoch 200 ppm zu erreichen.

Bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen bis etwa 400°C wird NO<sub>x</sub> des Abgases im Katalysatorbett 7 nur wenig umgesetzt. Die überwiegende Umsetzung erfolgt im Katalysatorbett 8 nach der Formel:



Bei vergleichsweise höheren Temperaturen erfolgt die Umsetzung gleichfalls nach der genannten Gleichung, jedoch überwiegend nicht im Katalysatorbett 8, sondern überwiegend im Katalysatorbett 7. Im Katalysatorbett 8 werden lediglich die im Katalysatorbett 7 nicht umgesetzten Mengen an NH<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> weiter zur Reaktion gebracht.

Im Oxidations-Katalysatorbett 9 werden Kohlenwasserstoffe aufoxidiert und CO zu CO<sub>2</sub> konvertiert.

#### Patentansprüche

1. Katalysatoranordnung zur Reduktion von Stickoxiden in einem Abgas, das in einem weiten Abgastemperaturbereich anfällt, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des Abgases hintereinander wenigstens zwei Katalysatorbetten (7, 8) aus unterschiedlichen Katalysatormaterialien zur Reduktion von Stickoxiden angeordnet sind und dass die unterschiedlichen Katalysatormaterialien ihre stärkste katalytische Wirkung in unterschiedlichen, benachbarten Teilbereichen des Abgastemperaturbereichs aufweisen.

2. Katalysatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ammoniakzufuhr vor dem in Strömungsrichtung des Abgases vorderen Katalysatorbett (7) angeordnet ist.

3. Katalysatoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatorbett (7), dessen Wirkungsoptimum in einem höheren Temperaturbereich liegt, in Strömungsrichtung vor dem anderen Katalysatorbett (8) angeordnet ist.

4. Katalysatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial für den höheren Teilbereich der Abgastemperatur auf der Basis von Eisensulfat besteht.

5. Katalysatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatormaterial für den niedrigeren Temperaturbereich aus einer Mischung aus Titanoxid und Vanadiumpentoxid oder Eisenoxid und Chromoxid basiert.

6. Katalysatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem in Strömungsrichtung vorderen Katalysatorbett (7) ein Russpartikelfilter (3) mit Temperaturspitzenpuffer (4) vorgeschaltet ist.

7. Katalysatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem in Strömungsrichtung hinteren Katalysatorbett (8) ein Oxidations-Katalysatorbett (9) nachgeordnet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

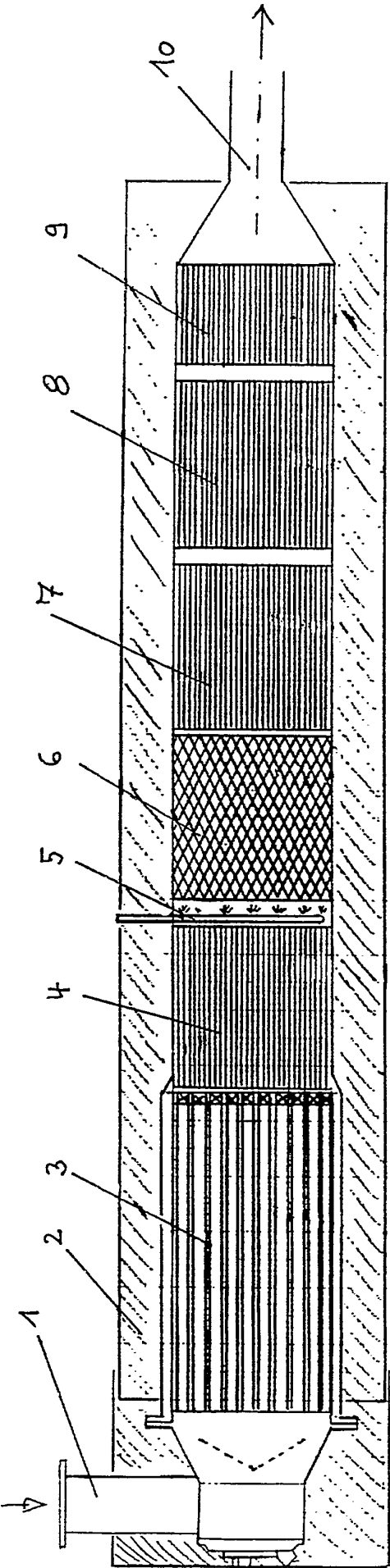
50

55

60

65

FIG. 1



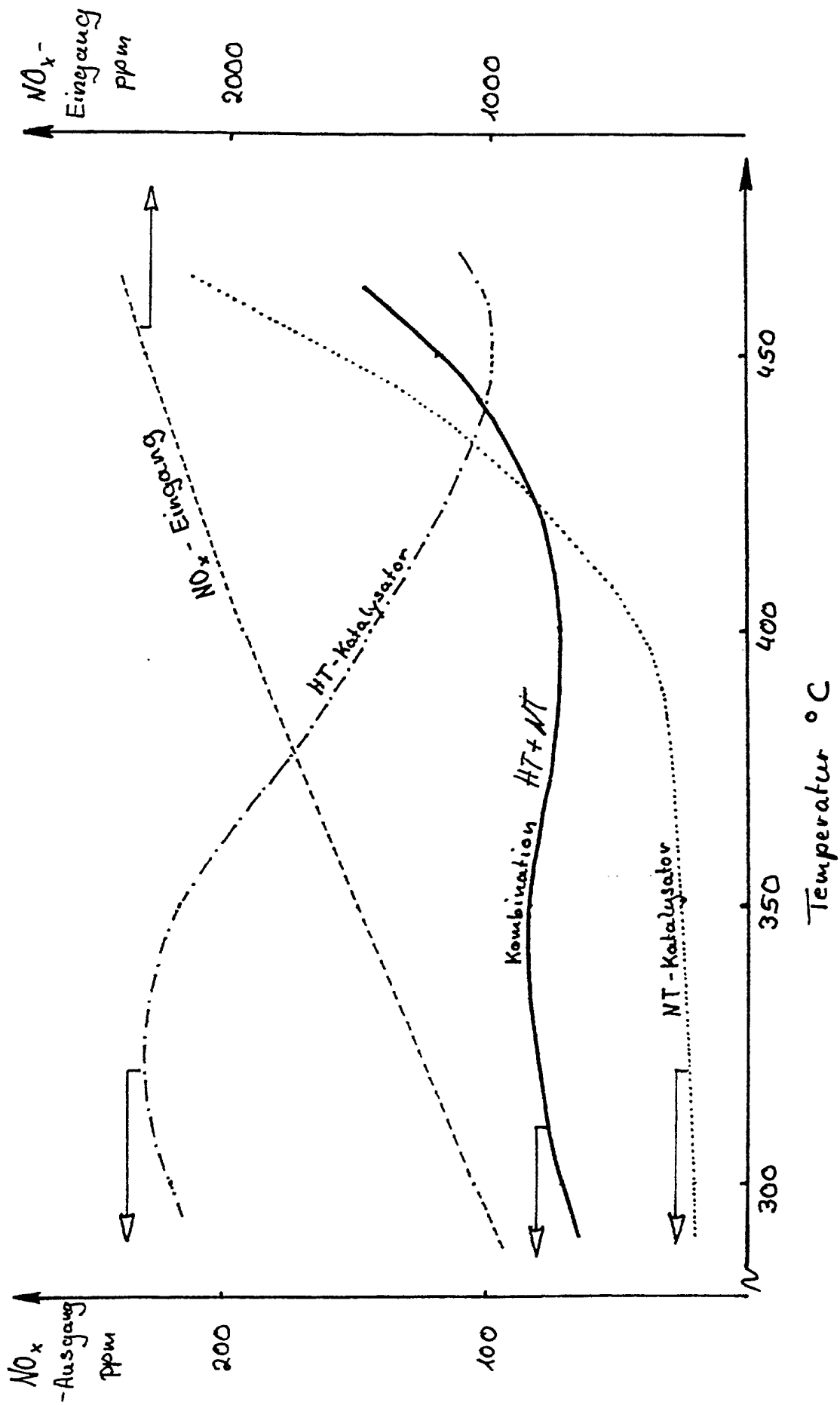


Fig. 2