



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 854 274 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.07.1998 Patentblatt 1998/30

(51) Int. Cl.⁶: **F01N 3/02**

(21) Anmeldenummer: 97121164.4

(22) Anmeldetag: 03.12.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Miebach, Rolf**
50321 Brühl (DE)
• **Jung, Uwe**
51107 Köln (DE)
• **Houben, Hans**
52146 Würselen (DE)

(30) Priorität: 20.01.1997 DE 19701684

(71) Anmelder:
DEUTZ Aktiengesellschaft
51063 Köln (DE)

(54) **Partikelfilter**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum vollständigen Abbrennen des Partikelbelages eines Partikelfilters (3), das im Abgasstrom einer Dieselmotorkraftmaschine angeordnet ist.

Handelsübliche Partikelfilter haben den Nachteil, daß aufgrund ihres niedrigen, belastungsunabhängigen Strömungswiderstands der größte Teil des Regenerationsgases durch die zuerst freigebrannten Teilflächen entweicht und dadurch eine vollständige Regeneration verhindert wird.

Durch das erfindungsgemäße Anheben des belastungsunabhängigen Strömungswiderstands bleibt der Gasdruck während der Regeneration hoch genug, um eine vollständige Regeneration zu bewirken.

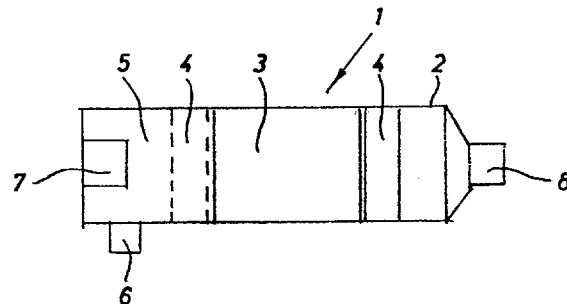


Fig. 1

EP 0 854 274 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Partikelfilter, das im Abgasstrom einer Dieselmotorkraftmaschine angeordnet ist und ein Verfahren zum vollständigen Regenerieren desselben.

Partikelfilter dienen zum Abscheiden von Rußpartikeln aus dem Abgas von Dieselmotorkraftmaschinen. Mit wachsender Dicke des Partikelbelags steigt der Abgasdruck vor dem Partikelfilter an. Ist ein bestimmtes Druckniveau erreicht, wird das Partikelfilter durch Abbrennen des Partikelbelags regeneriert. Dies geschieht üblicherweise durch Abgas von bestimmtem Druck und bestimmter Temperatur, das von der Dieselmotorkraftmaschine und von einem im Hauptstrom der Abgasleitung angeordneten Brenner geliefert wird.

In der EP- 0 507 116 B1 wird für ein Partikelfilter mit Filterkerzen, die aus einem mit Filtermaterial belegten Tragrohr bestehen, vorgeschlagen, den beladungsunabhängigen Strömungswiderstand der Filterkerzen über deren Länge unterschiedlich zu gestalten. Als Mittel dazu dient eine unterschiedliche Dicke des Filtermaterials, die durch konische Tragrohre bei zylindrischer Außenform der Filterkerzen verwirklicht wird. Die größere Dicke des Filtermaterials ist den bei der Regeneration bevorzugten Partien der Filterkerzen zugeordnet, während die benachteiligten Partien einen geringeren Strömungswiderstand durch entsprechend geringere Dicke des Filtermaterials aufweisen, wodurch die Durchströmung mit heißen Regenerationsgas gefördert wird. Diese Lösung setzt voraus, daß die Regeneration immer in der geplanten Weise abläuft. Der komplexen Form des Temperatur- und Strömungsfelds in einem solchen Partikelfilter kann aber der vorliegenden Verteilung des Strömungswiderstands über die Oberfläche der Filterkerzen nicht gerecht werden. So wird es auch bei dieser Lösung bevorzugte Regenerationsflächen mit geringem Strömungswiderstand geben, die eine vollständige Regeneration auch dieses Partikelfilters verhindern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Partikelfilter zu schaffen, dessen Partikelbelag bei jeder Regeneration vollständig abgebrannt wird.

Der nachfolgend vorgestellten Lösung dieser Aufgabe liegt zunächst die Erkenntnis zugrunde, daß eine für die Regenerierbarkeit eines Filters wichtige Kenngröße der Druckverlust Δp_0 des vollständig unbeladenen Filters ist.

Beim Beladungsvorgang nach einer Regeneration ist Δp_0 bedeutungslos und iA. auch nicht meßbar, da bereits eine sehr geringe Anfangsbeladung den Filterwiderstand deutlich erhöhen kann. Der Druckverlust Δp_0 im Reinzustand eines Filtermediums bzw. eines damit konstruierten Filters ist daher nur beim Durchströmen des Filters mit partikelfreiem Meßgas bestimmbar.

Die außerordentliche Bedeutung von Δp_0 für den Verlauf einer Regeneration erkennt man an folgendem Rechenbeispiel:

Betrachtet werde ein flächenförmiges Filter der Oberfläche A, das normal zu dieser Oberfläche mit einer Geschwindigkeit v durchströmt wird. Das Filter sei im Anfangszustand gleichmäßig beladen.

Laminare Strömung und ein konstanter Betriebspunkt vorausgesetzt, kann man dann einen "Filterwiderstand" R_1 definieren:

$$\Delta p = R_1 \cdot v$$

für das vollständig unbeladene Filter definiert man genauso den Filterwiderstand R_0 :

$$\Delta p_0 = R_0 \cdot v$$

Betrachtet man nun ein Filter, bei dem eine Teilfläche A_0 bereits vollständig regeneriert ist, während die restliche Filterfläche $A_1 = A - A_0$ noch gleichmäßig beladen ist, so findet man aus der Bedingung für konstanten Druckverlust über die Teilflächen des Filters:

$$R_0 \cdot v = R_1 \cdot v_1$$

Für den Anteil des Gesamtvolumenstroms, der durch die regenerierte Filterfläche A_0 , also $V_0 = v_0 \cdot A_0$ fließt, findet man dann:

$$V_0 = \frac{v}{1 + \frac{R_1 \cdot A_1}{R_0 \cdot A_0}}$$

Daraus leitet sich folgende wichtige Erkenntnis ab:

Ist ein Filter auf einer nicht verschwindend kleinen Teilfläche bereits vollständig regeneriert, während es anderswo noch beladen ist, so kommt es zu einer signifikanten Umverteilung des Gesamtvolumenstroms, falls der Strömungswiderstand des regenerierten Filtermaterials sehr niedrig ist. Theoretisch geht im Fall $R_0 = 0$ der Gesamtvolumenstrom dann durch die regenerierte Teilfläche. Dadurch sinkt der Abgasdruck vor dem Partikelfilter auf Null.

In einem solchen Fall wird es zunehmend schwerer oder ganz unmöglich, die noch nicht regenerierten Teilflächen freizubrennen.

Da es praktisch in jedem Partikelfilter Bereiche gibt, die bei der Regeneration durch örtliche Unterschiede des Temperatur- und Strömungsfeldes bevorzugt sind, also vorzeitig freigebrannt werden, ist eine Begrenzung der dann auftretenden Umverteilung der Regenerationsgasströmung von großer Bedeutung für die Regenerierbarkeit eines Partikelfilters.

Ein nur teilweise regeneriertes Partikelfilter führt zur Verkürzung der Beladungsphase und dadurch zu einer unerwünschten Vermehrung der Regenerationszyklen sowie zur möglichen Überladung der nicht vollständig regenerierten Filterflächen mit der Gefahr der Zerstörung bei einer der folgenden Regenerationen.

Die gestellte Aufgabe wird nun dadurch gelöst, daß der Abgasdruck vor dem Partikelfilter während der Regeneration auf einem zum vollständigen Abbrand der Partikel erforderlichen Wert gehalten wird. Es ist zwar bekannt, daß die Regeneration von Partikelfiltern durch eine Druck- und Temperaturerhöhung des Abgases ein- 5 geleitet wird, jedoch sinkt der Abgasdruck nach Freibrennen einer Teilfläche des üblichen Partikelfilters so stark ab, daß die Regeneration bald zum Erliegen kommt. Demgegenüber bleibt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der zum Abbrennen des Partikelbelages erforderliche Abgasdruck bis zum Abschluß der Regeneration erhalten.

Bei einem Partikelfilter zum Abscheiden von Rußpartikeln aus dem Abgas einer Dieselmotorkraftmaschine, wobei das Partikelfilter in Abhängigkeit von Betriebskenngrößen durch Abbrennen der Rußpartikel regenerierbar ist, wird eine vollständige Regeneration dadurch erreicht, daß der beladungsunabhängige Strömungswiderstand eines Filteraggregats über dessen 10 gesamten Strömungsquerschnitt mindestens 5% vom Strömungswiderstandes des beladenen Partikelfilters an dessen Regenerationsschwelle beträgt. Dieser im gesamten Partikelfilter wirksame beladungsunabhängige Strömungswiderstand bewirkt, daß bei der Rege- 15 neration auch die letzten noch vorhandenen Flächen mit Partikelbelag vom Abgas durchströmt und dadurch freigebrannt werden. Auf diese Weise wird eine zu starke Bypassströmung durch die zuerst regenerierten Flächen des Partikelfilters und der damit verbundene Druckabfall des Regenerationsgases vermieden. Dabei spielt die Lage der zuerst regenerierten Fläche keine Rolle, da der beladungsunabhängige Strömungswiderstand des gesamten Partikelfilters angehoben ist.

Die dazu erforderliche Höhe des beladungsunabhängigen Strömungswiderstands des Partikelfilters, der z.B. bis 10% des Strömungswiderstands an der Rege- 20 nerationsschwelle betragen kann, ist ein Kompromiss zwischen niedrigem Kraftstoffverbrauch der Dieselmotorkraftmaschine und sicherer Regeneration des Partikelfilters.

In weiteren Ausbildungen der Erfindung sind Maßnahmen zur Erhöhung des beladungsunabhängigen Strömungswiderstands beschrieben. Wenn als Filtermedium feste Wände aus porösem, hitzebeständigem Material vorgesehen sind, ist deren Strömungswiderstand durch deren Wandstärke, Porösität und Grad der Oberflächenversiegelung beeinflussbar. Wenn als Filtermedium gewickelte oder gestrickte Strukturen aus hitzebeständigen Fasern auf einem Trägerkörper angeordnet sind, ist der Strömungswiderstand durch die Dicke und Dichte der Strukturen und/oder durch 25 Wandstärke, Porösität und Grad der Oberflächenversiegelung des Trägerkörpers beeinflussbar.

Bei konventionell ausgelegten Filtern bietet sich eine Lösung an, bei der unmittelbar vor oder hinter dem Partikelfilter, das vorzugsweise als Wabenfilter ausgebildet ist, ein Widerstandskörper vom Durchmesser des

Wabenfilters angeordnet ist, dessen Strömungswiderstand über seinem Querschnitt gleichmäßig, jedoch höher als der beladungsunabhängige Strömungswiderstand des Partikelfilters ist. Auf diese Weise können kostengünstige Serienfilter nachgerüstet werden. Außerdem kann der Gegendruck unterschiedlichen Verhältnissen durch entsprechende Auslegung des Widerstandskörpers angepaßt werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, daß der Widerstandskörper aus dem Abgasstrom reversibel entfernbar ist. Dadurch läßt sich eine kompromißlose Auslegung des Strömungswiderstands des Widerstandskörpers erreichen. Dieser kann, da er nur beim Regenerieren wirksam ist, hoch gewählt werden, ohne den Kraftstoffverbrauch der Dieselmotorkraftmaschine im Normalbetrieb zu erhöhen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß bei einer stationären Regenerationsvorrichtung für Wechselfilter der Widerstandskörper in der stationären Regeneriervorrichtung angeordnet ist und damit für eine beliebige Anzahl von Wechselfiltern nur einmal erforderlich ist.

Während der beladungsunabhängige Strömungswiderstand des Wechselfilters die übliche geringe Höhe aufweist, kann entsprechend einer Weiterbildung der Erfindung der Strömungswiderstand des stationären Widerstandskörpers im Bereich des Strömungswiderstands des beladenen Wechselfilters liegen. Dadurch ist eine vollständige und rasche Regeneration des Wechselfilters möglich.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß die Strömungskanäle der Widerstandskörper laminare Strömungen aufweisen. Damit läßt sich erreichen, daß die gewünschte Beeinflussung der Strömungsverteilung im Filter, das selbst ebenfalls überwiegend laminar durchströmt wird, weitgehend unabhängig von der Größe der anderen Einflußparameter, wie Massenstrom, Temperatur, Viskosität, bleibt. Selbst im Fall von Regenerationsverfahren mit sehr geringem Gasdurchsatz, z.B. "Nebenstromregeneration", ist so der gewünschte Effekt erreichbar, ohne daß es zu unerwünscht großer Druckerhöhung im Beladungsbetrieb kommt.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und der Zeichnung, in der eine Ausführung der Erfindung schematisch dargestellt ist.

Es zeigen:

- 50 Figur 1: Längsschnitt durch ein Filteraggregat,
 Figur 2: Längsschnitt durch eine stationäre Regeneriervorrichtung.

Figur 1 zeigt ein Filteraggregat 1 mit einem Filtergehäuse 2, in dem ein Partikelfilter 3 mit einem nach- oder vorgeschalteten Widerstandskörper 4 angeordnet sind. In dem Vorraum 5 mit einem Abgaseinlaß 6 für das Abgas der Dieselmotorkraftmaschine ist ein Brenner 7

zum Aufheizen desselben vorgesehen. Das gereinigte Abgas verläßt das Filtergehäuse 2 durch einen Abgasauslaß 8.

Das Partikelfilter 3 ist als Wickelfilter mit Filterkerzen oder - vorzugsweise - als Wabenfilter ausgebildet. In einer Ausführung ohne Widerstandskörper 4 weist das Partikelfilter einen beladungsunabhängigen Strömungswiderstand von 5% bis 10% des Strömungswiderstands an der Regenerationsschwelle auf, wodurch ein für die Regeneration erforderlicher Gasdruck während der gesamten Regeneration sichergestellt ist.

Bei Verwendung eines Widerstandskörpers 4 mit vergleichbarem Strömungswiderstand, kommt ein handelsübliches Partikelfilter mit ca. 1% beladungsunabhängigem Strömungswiderstand zum Einsatz. Die Widerstandskörper 4 sind unmittelbar nach oder vor dem Partikelfilter 3 angeordnet. Dadurch ist eine gleichmäßige Strömungsverteilung über den Querschnitt des Partikelfilters 3 sichergestellt. Der Strömungswiderstand der Widerstandskörper 4 kann entsprechend den jeweiligen Einbaubedingungen gewählt werden.

Es ist denkbar, die Widerstandskörper 4 aus dem Abgasstrom entfernbar zu gestalten. Dadurch ist deren Auslegung mit einem Strömungswiderstand im Bereich dessen an der Regenerationsschwelle möglich, was eine rasche und vollständige Regeneration garantiert, ohne Nachteile bezüglich Kraftstoffverbrauch im Normalbetrieb der Dieselmotormaschine in Kauf nehmen zu müssen.

Figur 2 zeigt eine stationäre Regeneriervorrichtung 9. In deren Gehäuse 10 ist ein stationärer Widerstandskörper 11 und eine Vorkammer 12 angeordnet, in die ein Regeneriergasgenerator 13 mündet. Dieser besteht im wesentlichen aus einem Luftgebläse und einer elektrischen Heizung.

An der stationären Regeneriervorrichtung 9 ist ein Wechselfiltergehäuse 14 mit einem Auslaß 15 befestigbar. Im Wechselfiltergehäuse 14 ist ein Wechselfilter 16 angeordnet. Der Strömungswiderstand des stationären Widerstandskörpers 11 liegt im Bereich des Strömungswiderstands des beladenen Wechselfilters 16. Dadurch ist eine sehr gleichmäßige Beaufschlagung des Wechselfilters 16 mit Regeneriergas und damit eine rasche und gründliche Regeneration ermöglicht. Durch die erfindungsgemäße Gestaltung der Partikelfilter 3 oder der Widerstandskörper 4, 11 wird eine vollständige Regeneration und damit die ursprüngliche Beladungszeit erreicht, da der Druck des Regenerationsgases aufgrund des erhöhten beladungsunabhängigen Strömungswiderstands bis zur vollständigen Regeneration des Partikelfilters die dazu erforderliche Höhe aufweist. Auf diese Weise ist eine Steigerung der Lebensdauer des Partikelfilters ohne merkbareren Kraftstoffverbrauchsanstieg der Dieselmotormaschine verwirklicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regeneration eines im Abgasstrom einer Dieselmotormaschine angeordneten Partikelfilters durch Abbrennen der abgeschiedenen Partikel, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abgasdruck vor dem Partikelfilter (3) während der Regeneration auf einen zum vollständigen Abbrand der Partikel erforderlichen Wert gehalten wird.
2. Partikelfilter zum Abscheiden von Rußpartikeln aus dem Abgas einer Dieselmotormaschine, wobei das Partikelfilter in Abhängigkeit von Betriebskenngrößen durch Abbrennen der Rußpartikel regenerierbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der beladungsunabhängige Strömungswiderstand eines Filteraggregats (1) über dessen gesamten Strömungsquerschnitt mindestens 5% vom Strömungswiderstand des beladenen Partikelfilters (3) an dessen Regenerationsschwelle beträgt.
3. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Filtermedium feste Wände aus porösem, hitzebeständigem Material vorgesehen sind, deren Strömungswiderstand durch deren Wandstärke, Porösität und Grad der Oberflächenversiegelung einflußbar ist.
4. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Filtermedium gewickelte oder gestrickte Strukturen aus hitzebeständigen Fasern auf einem Trägerkörper angeordnet sind, wobei der Strömungswiderstand durch die Dicke und Dichte der Strukturen und/oder durch Wandstärke; Porösität und Grad der Oberflächenversiegelung des Trägerkörpers einflußbar ist.
5. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß unmittelbar vor oder hinter dem Partikelfilter (3), das vorzugsweise als Wabenfilter ausgebildet ist, ein Widerstandskörper (4) vom Durchmesser des Partikelfilters (3) angeordnet ist, dessen Strömungswiderstand über seinen Querschnitt gleichmäßig, jedoch höher als der beladungsunabhängige Strömungswiderstand des Partikelfilters (3) ist.
6. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Widerstandskörper (4) aus dem Abgasstrom reversibel entfernbar ist.

7. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß in einer stationären Regenerationsvorrichtung (9) für Wechselfilter (16) ein stationärer Widerstandskörper (11) angeordnet ist. 5

8. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungswiderstand des stationären Widerstandskörpers (11) im Bereich des Strömungswiderstands des beladenen Wechselfilters (16) liegt. 10

9. Partikelfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle der Widerstandskörper (4, 11) laminare Strömung aufweisen. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

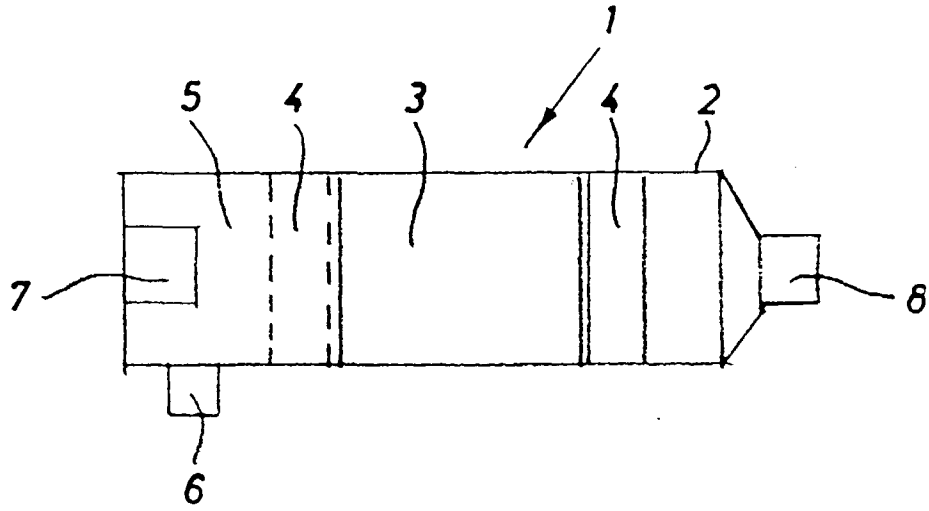


Fig. 1

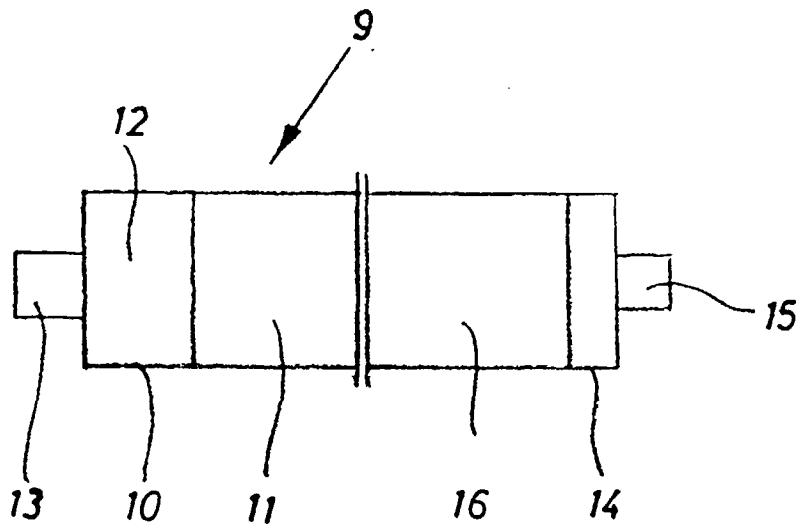


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 12 1164

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP 0 549 851 A (ERNST APPARATEBAU GMBH & CO) * Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 3, Zeile 41; Abbildungen *	1-4	F01N3/02
D,A	EP 0 507 116 B (EBERSPAECHER J) * Spalte 5, Zeile 32 - Spalte 7, Zeile 30; Abbildungen *	1-4	
A	US 4 492 079 A (TAKAGI SHIGERU ET AL) * Spalte 7, Zeile 42 - Spalte 8, Zeile 57; Abbildungen *	1,2	
A	EP 0 472 008 A (EBERSPAECHER J) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,2	
A	US 5 458 664 A (ISHII MASAYUKI ET AL)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F01N
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	6. April 1998	Sideris, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)