



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.09.2009 Patentblatt 2009/40**

(51) Int Cl.:  
**B03C 3/88 (2006.01) B03C 3/74 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09003859.7**

(22) Anmeldetag: **18.03.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(72) Erfinder:  
• **Gonzalez Baquet, Tania**  
**70180 Stuttgart (DE)**  
• **Schütz, David**  
**71229 Leonberg (DE)**  
• **Steiner, Dietmar, Dr.**  
**73642 Welzheim (DE)**  
• **Siegle, Henrik, Dr.**  
**71229 Leonberg (DE)**

(30) Priorität: **26.03.2008 DE 102008015616**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

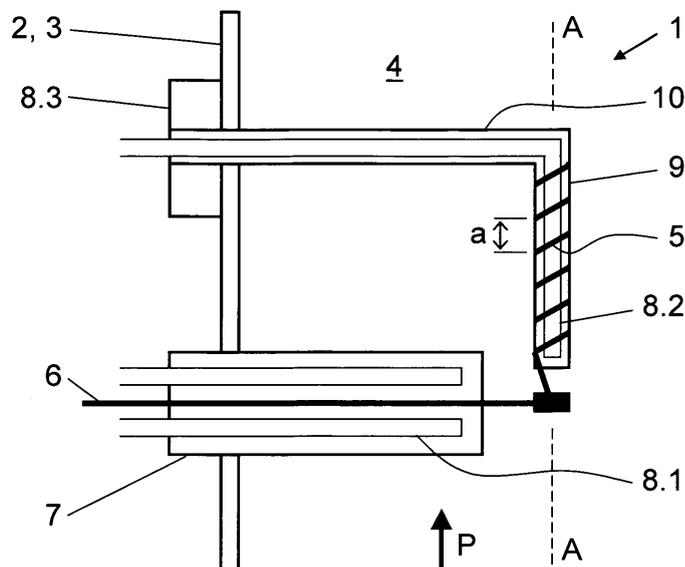
(54) **Elektrostatisher Abscheider mit Partikelabweisemittel und Heizsystem**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrostatisher Abscheider für eine Abgasleitung einer Abgasreinigungsanlage und ein Heizungssystem zur Erzeugung von Wärme mittels Verbrennen von einem Energieträger mit einem elektrostatisher Abscheider.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen elektrostatisher Abscheider und ein Heizungssystem zu schaffen, welche die Nachteile gemäß dem Stand der Technik überwinden und die insbesondere die Reinigungsintervalle verlängern und Effizienz eines elektrostatisher Abscheiders verbessern.

Gekennzeichnet ist der elektrostatisher Abscheider (1) dadurch, dass eine Elektrodenhaltevorrichtung (9) und mindestens ein Partikelabweisemittel (8) umfasst sind, und dass die Sprühelektrode (5) zumindest teilweise integriert mit der Elektrodenhaltevorrichtung (9) ausgebildet ist. Das mindestens ein Partikelabweisemittel (8) verhindert oder reduziert, dass sich Partikel des Abgases an der Elektrode (5) ablagern. Gekennzeichnet ist das Heizungssystem dadurch, dass dieses den erfindungsgemäßen elektrostatisher Abscheider (1) umfasst.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen elektrostatischen Abscheider, insbesondere für eine Abgasleitung einer Abgasreinigungsanlage, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Weiter betrifft die Erfindung ein Heizungssystem zur Erzeugung von Wärme mittels Verbrennen von einem Energieträger mit einem elektrostatischen Abscheider nach Anspruch 13.

**[0002]** Aufgrund der Emissionen von Heizungsanlagen und globaler Bemühungen, derartige Emissionen zu reduzieren - siehe zum Beispiel das Kyoto-Abkommen oder gesetzliche Regelungen für kleine Holzfeuerungsanlagen -, werden bei Heizungsanlagen entsprechende Abgasreinigungsanlagen verwendet. Diese sollen insbesondere die schädlichen Stoffe und Partikel aus Abgasen herausfiltern, so dass das verbleibende, gereinigte Abgas bedenkenlos an die Umwelt abgegeben werden kann. Insbesondere werden derartige Abgasreinigungsanlagen bei Biomasse-Heizanlagen eingesetzt, bei denen neben ansonsten ökonomischen und ökologischen Vorteilen gerade die relativ hohen Emissionen an Feinstaub ein Problem darstellen können.

**[0003]** Aus der EP 1 193 445 A2 ist eine Abgasreinigungsanlage bekannt, welche für Biomasse-Heizungsanlagen zur Verringerung von Feinstaubemission verwendet wird. Die dort beschriebene Vorrichtung ist in einen Rauchgaskanal einbaubar und weist hierzu einen Deckel auf, der gasdicht auf eine zugehörige Öffnung an einem Rauchgaskanal aufsetzbar ist. An der Innenseite des Deckels ist über eine isolierende Halterung eine sogenannte Sprühelektrode, zum Beispiel in Form eines gespannten Stabes, gehalten. Ein Hochspannungs-Transformator mit Gleichrichterfunktion erlaubt den Aufbau einer hohen Gleichspannung zwischen dem Draht und dem Deckel, welcher elektrisch leitend mit dem Abgasrohr verbunden ist, so dass dieses als sogenannte Kollektorelektrode wirkt.

**[0004]** Ein derartiger Elektrofilter mit Sprühelektrode und Kollektorelektrode ist auch als elektrostatischer Abscheider bekannt. Dieser wird zur Abgasreinigung in einer Abgasleitung einer Heizungsanlage eingesetzt. Die Sprühelektrode verläuft im Wesentlichen längs der Abgasströmungsrichtung und etwa mittig durch die Abgasleitung, weshalb sie auch als Mittelelektrode bezeichnet wird. Zusammen mit einer als Kollektorelektrode wirkenden, umgebenden Mantelfläche der Abgasleitung bildet sie einen Kondensator, der bei einer zylinderrohrförmigen Ausbildung der Abgasleitung auch als Zylinderkondensator bezeichnet wird. Die Sprüh- oder Mittelelektrode hat in der Regel einen kreisförmigen Querschnitt, wobei der Durchmesser des Querschnitts oder auch der Krümmungsradius im Allgemeinen relativ klein ausgebildet ist (zum Beispiel kleiner als 0,4 mm). Um nun die Schadstoffe, genauer die nicht an die Umwelt abzugebenden Partikel des Abgases aus dem Abgasstrom abzuscheiden, wird zwischen Mittelelektrode und Abgasrohr ein quer zur Strömungsrichtung verlaufendes elek-

trisches Feld aufgespannt. Hierzu wird an die Mittelelektrode eine Hochspannung angelegt, zum Beispiel im Bereich von 15 kV. Dadurch bildet sich eine sogenannte Corona-Entladung aus, durch welche die mit dem Abgas durch das elektrische Feld strömenden Partikel unipolar aufgeladen werden. Aufgrund dieser Aufladung wandern die meisten der Partikel durch die elektrostatischen Coulomb-Kräfte zur Innenwand der Abgasleitung, welche als Kollektorelektrode dient.

**[0005]** Wie oben bereits erwähnt, werden die Partikel durch die entlang der Oberfläche der Sprühelektrode sich ausbildende Corona-Entladung elektrostatisch aufgeladen. Dies geschieht auf molekularer Ebene durch folgenden Prozess: Liegt die Elektrode z.B. gegenüber dem Abgasrohr auf negativer Hochspannung, so wird eine große Anzahl von Gasmolekülen negativ aufgeladen. Sie bewegen sich im von der Elektrode sowie dem Abgasrohr aufgespannten elektrischen Feld in Richtung des Abgasrohres. Treffen diese auf ihrem Weg durch das Abgasrohr auf elektrisch neutrale Partikel, so bleiben sie an diesen haften und laden die bis dahin neutralen Partikel ebenfalls negativ auf. Die geladenen Partikel strömen getrieben durch elektrostatische Ablenkungskräfte zur Innenwand des Abgasrohres. Hier bleiben die Teilchen haften, verlieren ihre Ladung und werden sicher aus dem Abgasstrom entfernt. Dies ist der Kernprozess eines elektrostatischen Abscheiders und führt je nach Geometrie, Höhe des Corona-Stroms, Elektrodenform etc. zu Abscheideraten bis etwa über 90%. Dieser Kernprozess kann durch folgende Effekte gestört werden:

**[0006]** Bei der Verbrennung entstehen bipolar geladene Partikel. Mittels Boltzmann-Verteilung kann der Anteil einfach bzw. mehrfach geladener Partikel abgeschätzt werden. Die Verteilung ist symmetrisch, d.h., es entstehen gleich viele positive wie negativ geladene Partikel. Für Bedingungen, wie sie im Abgas von Biomasse-Heizungen vorliegen, tragen zwischen 15 und 20% der Partikel eine elektrische Elementarladung. Die Anzahl geladener Partikel wird durch Koagulation zwar um ca. 10% pro Sekunde reduziert, dennoch liegen am Ort des elektrostatischen Abscheiders (entspricht ca. ein bis zwei Sekunden Flugzeit der Partikel vom Ort der Verbrennung) noch über 10% geladener Partikel vor. Gelangen die geladenen Partikel nun in die Nähe der auf negativer Hochspannung liegenden Elektrode der Aufladeeinheit (Einheit aus Abgasrohr und Elektrode), so werden die negativen Partikel von der Elektrode weg in Richtung Abgasrohrinnenseite strömen. Die positiven Partikel strömen dagegen auf die Elektrode zu. Hiervon wird ein Teil beim Durchströmen der Aufladeeinheit neutralisiert bzw. negativ umgeladen, der Rest der Partikel gelangt jedoch zur Elektrode und lagert sich dort ab. Über die Betriebsdauer kommt es deshalb zu Funktionseinschränkungen des elektrostatischen Abscheiders. Denn der auf der Elektrode abgelagerte Feinstaub verhindert lokal die Ausbildung der Corona. Dadurch verringert sich die elektrische Aufladung der Partikel und verschlechtert sich die Abscheideeffizienz des Systems. Zudem existiert in un-

mittelbarer Nähe der Corona (in einem Radius wenige Millimeter um die Elektrode) ein bipolares Ladungsgebiet. Elektrisch neutrale Partikel, welche dieses Gebiet durchströmen, können auch von einer negativen Elektrode positiv aufgeladen werden. Sie strömen dann auf die Elektrode zu. Ein Teil wird durch die Corona neutralisiert bzw. negativ umgeladen, ein kleiner Rest gelangt jedoch zur Elektrode und lagert sich ebenfalls dort ab.

**[0007]** Nachteilig an den elektrostatischen Abscheidern gemäß dem Stand der Technik ist, dass es nach einer längeren Betriebszeit zu einer kontinuierlichen Degradation (Verringerung) des Corona-Stroms bei konstanter Hochspannung kommt. Dadurch sinkt die Aufladeeffizienz der Elektrode, was wiederum die Abscheideleistung des gesamten Systems verringert. Abhilfe bieten die Wartung und Reinigung des Abscheiders, die wegen der vorhandenen Hochspannung führenden Komponenten von Fachpersonal auszuführen sind.

**[0008]** Bei Verbrennungsabgasen mit hoher relativer Feuchte können sich schwierige Betriebsbedingungen für den elektrostatischen Abscheider aus der Kondensationsneigung ebendieser Abgase ergeben. An der mindestens beim Anfahren der Heizungsanlage kühlen Coronaelektrode kann sich ein dünner Wasserfilm bilden, der den Coronastrom wirkungsvoll reduziert oder sogar komplett unterdrückt. In Folge des geringen Coronastroms werden die Partikel im Abgas nicht oder nicht ausreichend aufgeladen und die Abscheideleistung des Filters bricht zusammen.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrostatischen Abscheider zu schaffen, der diesen Nachteil überwindet und der insbesondere eine verbesserte Betriebsweise und verlängerte Reinigungsintervalle bietet. Weiter liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Heizungssystem mit einem erfindungsgemäßen Abscheider zu schaffen, das eine zuverlässige Abgasreinigung garantiert.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Gegenstände mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 und des Patentanspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0011]** Der erfindungsgemäße elektrostatische Abscheider ist **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem elektrostatischen Abscheider, insbesondere für eine Abgasleitung einer Abgasreinigungsanlage, mit einer Kanalwandung und einem Strömungskanal, durch welchen ein partikelbeinhaltendes Abgas in einer Strömungsrichtung strömt, und einer sich in dem Strömungskanal im Wesentlichen in Strömungsrichtung erstreckenden Elektrode, zur Bildung eines elektrischen Feldes zwischen Elektrode und der Kanalwandung, vorgesehen ist, dass weiter eine Elektrodenhaltevorrichtung und mindestens ein Partikelabweisemittel umfasst sind, und dass die Sprühelektrode zumindest teilweise integriert mit der Elektrodenhaltevorrichtung ausgebildet ist. Das mindestens eine Partikelabweisemittel verhindert oder reduziert, dass sich Partikel des Abgases an der Elektrode ablagern, insbesondere dauerhaft ablagern. Darüber

hinaus kann das Partikelabweisemittel das Ablagern von Partikeln an weiteren Komponenten des elektrostatischen Abscheiders wirksam reduzieren.

**[0012]** Die Elektrodenhaltevorrichtung wird zweckmäßigerweise etwa mittig in der Abgasleitung angeordnet und sich im Wesentlichen stabförmig längs der Abgasströmungsrichtung erstrecken. Zur Fixierung der Elektrodenhaltevorrichtung am Abscheider bzw. an der Abgasleitung kann sie einteilig mit der Hochspannungszuführung oder davon getrennt an einer eigenen Aufhängung ausgeführt sein.

**[0013]** In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders ist vorgesehen, dass ein beheizbares Partikelabweisemittel die Elektrodenhaltevorrichtung vor Partikelanhaftung schützt. Das Partikelabweisemittel kann als Heizkeramik ausgebildet sein, welche die Elektrodenhaltevorrichtung erwärmt. Durch Erwärmung der Elektrodenhaltevorrichtung kommt ein Thermophorese genannter Prozess in Gang, der Partikel von der Oberfläche der Elektrodenhaltevorrichtung und damit auch von der Elektrodenoberfläche abweist, wodurch ein Ablagern von Feinstaubpartikeln auf der Elektrode reduziert oder zumindest vermieden wird. Zweckmäßigerweise können die Elektrodenhaltevorrichtung und das Partikelabweisemittel einteilig ausgeführt sein, d.h. die Elektrodenhaltevorrichtung wird direkt beheizt.

**[0014]** Bei einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sprühelektrode zumindest teilweise integriert mit der beheizbaren Elektrodenhaltevorrichtung ausgebildet ist. Die Elektrode kann zumindest teilweise entlang einer Oberfläche der Elektrodenhaltevorrichtung verlaufen, insbesondere in engem Kontakt zu der Oberfläche. Hierbei ist die Elektrode benachbart, bevorzugt angrenzend und/oder kontaktierend an der Elektrodenhaltevorrichtung ausgebildet.

**[0015]** Ein Ausführungsbeispiel des elektrostatischen Abscheiders sieht vor, dass die Sprühelektrode sich nichtlinear erstreckend ausgebildet ist, um in dem Strömungskanal eine größere aktive Wirkungsfläche bereitzustellen. Nichtlinear bedeutet vorliegend nicht in gerader Linie, sondern vielmehr gekrümmt, gebogen, gewandelt, geknickt oder dergleichen ausgebildet. Hierdurch wird eine größere Menge an Elektrode im wirksamen Abscheidebereich bereitgestellt. Die Oberfläche der Elektrode ist die Wirkungsfläche, da sich an ihr die für die Abscheidung verantwortliche Corona ausbildet. Durch die vergrößerte Oberfläche der Elektrode ist ebenfalls die Wirkungsfläche vergrößert. Wird die Sprühelektrode um eine beispielsweise stabförmige Elektrodenhaltevorrichtung herum gewandelt (gewickelt), so überstreicht die Corona rundum den ganzen Abscheidequerschnitt und erreicht damit den gesamten partikelbeinhaltenden Abgasstrom.

**[0016]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel sieht vor, dass die Elektrode zumindest teilweise spiralförmig mit einer geeigneten Steigung ausgebildet ist, so dass sich benachbarte Bereiche, insbesondere entsprechende

Windungsbereiche der Elektrode nicht gegenseitig negativ beeinflussen. Der Abstand benachbarter Bereiche kann in einem Intervall  $a$  mit  $1 \text{ mm} \leq a \leq 20 \text{ mm}$ , bevorzugt in einem Intervall  $5 \text{ mm} \leq a \leq 15 \text{ mm}$  liegen und beträgt am meisten bevorzugt etwa  $a = 10 \text{ mm}$ . Bei kleiner werdendem Abstand benachbarter Windungsbereiche ist festzustellen, dass die Corona-Ausbildung nicht mehr besser wird, sondern dass sich vielmehr ein Sättigungseffekt einstellt.

[0017] Noch ein weiteres Ausführungsbeispiel sieht vor, dass die Elektrode zumindest abschnittsweise stromdurchfließbare Ansätze wie Vorsprünge aufweist, um eine größere aktive Wirkungsfläche bereitzustellen. Die Elektrode kann beispielweise stacheldrahtförmig oder mit Anformungen wie Noppen ausgebildet sein.

[0018] Ein anderes Ausführungsbeispiel sieht mehrere Partikelabweismittel vor, so zum Beispiel an der Elektrodenhaltevorrichtung und/oder an der Hochspannungszuführung. So können mehrere beheizbare Partikelabweismittel vorgesehen sein, wobei die Beheizung separat voneinander oder integriert miteinander realisierbar ist. Bevorzugt sind die unterschiedlichen beheizbaren Partikelabweismittel getrennt voneinander regelbar. Die getrennte Beheizung wird nicht mit Hochspannung betrieben, die gegebenenfalls in Niederspannung transformiert werden muss. Bei einer getrennten Beheizung lassen sich verschiedene Temperaturen einstellen. Die beheizbaren Partikelabweismittel sind bevorzugt als Heizkeramik ausgebildet, zum Beispiel als Isolator an der Hochspannungszuführung und an der Elektrodenhaltevorrichtung. In einer Ausführung lassen sich die beiden Partikelabweismittel als eine Einheit ausbilden.

[0019] Mindestens ein Partikelabweismittel kann als mechanisches Partikelabweismittel, umfassend eine Rüttleinrichtung, ausgebildet sein, um ein dauerhaftes Anhaften von Partikeln an dem Abscheider oder dessen Komponenten durch mittels Rütteln erzeugter Schwingungen mechanisch zumindest zu reduzieren. Durch die Schwingungen fallen anhaftende Partikel auf einfache Weise ab oder haften erst gar nicht an. Das mindestens eine Partikelabweismittel kann extern an dem Abscheider angeordnet sein und lässt sich so zum Beispiel nachrüsten oder von dem Abscheider, zum Beispiel zu Wartungszwecken, entnehmen. In einer anderen Variante kann das mindestens eine Partikelabweismittel integriert mit dem Abscheider ausgebildet sein.

[0020] Wiederum ein anderes Ausführungsbeispiel sieht vor, dass mindestens ein Partikelabweismittel als mechanisches Partikelabweismittel, umfassend eine Fluideindüsungseinrichtung, ausgebildet ist, um ein dauerhaftes Anhaften von Partikeln an dem Abscheider oder dessen Komponenten durch Eindüsen eines Fluids und dem damit verbundenen Einwirken des Fluids auf Partikel mechanisch zumindest zu reduzieren.

[0021] Der erfindungsgemäße Heizungssystem zur Erzeugung von Wärme mittels Verbrennen von einem Energieträger wie Biomasse ist **dadurch gekennzeichnet**, dass bei diesem eine Feinstaub emittierenden Hei-

zungsanlage wie eine Biomasse-Heizungsanlage zum Verbrennen des Energieträgers vorgesehen ist, wobei partikelbeinhaltende Abgase entstehen, und ein erfindungsgemäßer elektrostatischer Abscheider vorgesehen ist.

[0022] Mit dem erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheider und dem erfindungsgemäßen Heizungssystem werden insbesondere die folgenden Vorteile realisiert:

[0023] Eine Vermeidung bzw. Reduzierung von Feinstaubablagerungen auf der Elektrode wird realisiert. Durch die nichtlineare Ausbildung der Elektrode, die auch Mittel- oder Sprühelektrode genannt wird, ggf. auch mit Anformungen, ist die aktive Oberfläche oder die Wirkungsfläche der Elektrode vergrößert. Beim Betrieb mit hohen Feinstaubkonzentrationen, wie beim Verbrennungsstart beispielsweise von Scheitholzanlagen, kann durch Erhitzen des Systems Heizkeramik-Sprühspirale deren Feinstaubkontamination erfolgreich durch Thermophorese verhindert werden. Wird eine Oberfläche im Partikel beladenen Abgasstrom einer Scheitholzanlage oder auch eines Verbrennungsmotors oder dergleichen auf ca. 100 K über der umgebenden Gastemperatur erwärmt, so wird durch den Temperaturgradienten zur Umgebung das Ablagern vor allem kleiner, deutlich submikroner Partikel ( $< 200 \text{ nm}$ ) zuverlässig verhindert. Die Aufladeeffizienz der Spiralelektrode wird in sie umgebenden lokal partikelarmen Volumen nicht reduziert, da die mittlere freie Weglänge der Ionen, welche die Feinstaubpartikel aufladen, durch die Temperatursteigerung erhöht wird.

[0024] Durch das Beheizen des Systems Heizkeramik-Sprühspirale auf über 100 °C wird die Kondensation eines Wasserfilms auf der Spirale verhindert. Der Wasserfilm würde das Ausbilden eines genügend hohen Coronastrom erschweren. Dadurch kann das System sofort bei Brennerstart der Biomasse-Heizanlage eingesetzt werden, wo erfahrungsgemäß die meisten Partikel emittiert werden. Weiter kann das System auch stromabwärts von kondensierenden Wärmetauschern eingesetzt werden (Brennwertnutzung). Hier ist der Einsatz unbeheizter Elektroden kaum möglich.

[0025] Erste Abschätzungen zeigen, dass für die Bedingungen, welche zum Beispiel im Abgasrohr einer Scheitholzanlage direkt am Kesselausgang vorliegen (220 °C, Strömungsgeschwindigkeit 0,5 bis 1,5 m/s), für die Beheizung der Keramikisolation (Durchmesser 4 mm, Länge 60 mm) ca. 5 bis 10 W Heizleistung über eine elektrische Widerstandsheizung genügen. Sollte es trotz Thermophorese nach einem längeren Zeitraum zu Partikelablagerungen auf der Sprühelektrode kommen, so kann dies durch Verschiebung der Strom-Spannungskennlinie der Hochspannungsversorgung über einen vorher eingestellten Maximalwert hinaus detektiert werden. Die elektronische Steuerungseinheit des elektrostatischen Abscheiders heizt dann die Keramikisolation kurzzeitig auf über 600 °C auf. Ab dieser Temperatur wird die Isolation von den brennbaren, niedergeschlage-

nen Rußpartikeln freigebrannt. Sie stellen bei der Scheitholzverbrennung den Hauptbestandteil des Feinstaubes dar. Alternativ kann das System auch durch eine wie aus der Abbildung ersichtlichen Rüttleinrichtung mechanisch von Feinstaubablagerungen befreit werden. Auch zu deren Aktivierung kann die Verschiebung der Strom-/Spannungskennlinie der Hochspannungsversorgung herangezogen werden.

**[0026]** Elektrostatische Abscheider stellen im Abgasystem einen minimalen Strömungswiderstand dar, welcher sich auch bei steigender Beladung nur sehr langsam erhöht. Sie weisen eine große Aufnahmekapazität für abgedehnten Feinstaub auf. Bei langsamen Strömungsgeschwindigkeiten und genügend langen Abscheidestrecken verfügen sie für submikrone Partikel über eine Abscheideeffizienz von 80 bis 90 %. Aus den oben genannten Gründen sind sie deshalb eine aussichtsreiche Option für die Abgasreinigung bei Scheitholzanlagen, anderen Biomasse-Heizanlagen oder Ölbrennern. Das Aufrechterhalten der Hochspannung der Mittelelektrode stellt eine technische Schwierigkeit bei der Ausführung des elektrostatischen Abscheiders dar. Durch mindestens zwei Möglichkeiten kann die Spiralelektrode von Feinstaubkontaminationen freigehalten bzw. abgereinigt werden:

**[0027]** Bei der Thermophorese wird das Freihalten der Sprühelektrode durch bloßes Beheizen derselben gelöst. Diese Option zeichnet sich durch minimalen Energieaufwand (5 bis 10 W elektrische Heizleistung), lange Standzeiten und Geräuschlosigkeit (keine bewegten Teile) aus. Falls es nach extrem langer Standzeit dennoch zu Verunreinigung der Keramikisolation kommen sollte, kann diese durch eine zweite, höhere Leistungsstufe, freigebrannt werden.

**[0028]** Optional kann die durch Freibrennen nicht lösbare Fraktion des angelagerten Feinstaubes durch Anwendung mechanischer Energie von der Spiralelektrode entfernt werden. Die mechanische Abreinigung durch eine Rüttleinrichtung wird auf folgende Weise durchgeführt. Bevorzugt an der Außenseite der Aufladeeinheit, gebildet aus Kanalwandung und Elektrode, wird in unmittelbarer Nähe der Hochspannungsdurch- oder Zuführung der Sprühelektrode ein Exzenter so angebracht, dass dieser die Sprühelektrode in Schwingungen versetzen kann. Der Exzenter wird beim Erreichen eines bestimmten Verschmutzungsgrades für einen definierten Zeitraum aktiviert (rotiert), so dass die Aufladeeinheit in Schwingungen versetzt wird und der innen anhaftende Staub abfällt. Es können beliebige andere Einrichtungen vorgesehen werden, welche die Aufladeeinheit in entsprechende Schwingungen versetzen.

**[0029]** Der Verschmutzungsgrad der Sprühelektrode lässt sich auf verschiedene Arten (z. B. optisch, elektrisch etc....) feststellen. Vorliegend wird ein bevorzugtes Beispiel für eine Umsetzung einer automatisierten Reinigung gegeben: Über die Erfassung der Strom-Spannungskennlinie der Sprühelektrode ist es möglich, deren Verschmutzungsgrad zu bestimmen. Dieser Effekt kann

für die Regelung der Rüttleinrichtung genutzt werden. Wird ein zuvor definierter Verschmutzungsgrad erreicht, so aktiviert die Regelung die Rüttleinrichtung. Des Weiteren kann über diesen Effekt der Erfolg der Filterreinigung bestimmt und die Dauer der Aktivierung gesteuert werden. Wird ein bestimmter Verschmutzungsgrad unterschritten, so schaltet die Regelung die Rüttleinrichtung wieder ab. Schlägt die Abreinigung fehl, d.h., der gewünschte Abreinigungsgrad wird nicht erreicht, so wird der Betreiber z. B. mittels LED-Anzeige an der Steuereinheit des elektrostatischen Abscheiders über eine mögliche Fehlfunktion informiert. Falls die Abscheidefläche, welche die Aufladeeinheit umgibt, aus einem Material besteht, welches die von der Rüttleinrichtung erzeugten Schwingungen überträgt (z. B. Abgasrohr aus Edelstahl), so kann mit der Erfindung nicht nur die Sprühelektrode sondern auch das Abgasrohr von der Feinstaubkontamination gereinigt werden. Bei vertikaler Einbausituation fällt der freigesetzte Feinstaub dabei zum Beispiel in eine entnehmbare Ascheschleibe. Bei angepasster Ausgestaltung der Materialeigenschaften von Hochspannungszuführung, Sprühelektrode sowie Abgasrohr kann die mechanische Anregung statt mit einem Exzenter auch durch einen Ultraschallgeber mit einer an das System adaptierten Frequenz erfolgen.

**[0030]** Ein anderes bevorzugtes Ausführungsbeispiel sieht vor, dass mindestens ein Partikelabweisemittel in vorteilhafter Weise als Gaseindüsungssystem ausgebildet ist. Die Sprühelektrode des Abscheiders, die Hochspannungszuführung, die als Abscheidefläche ausgeführte Kanalwandung und/oder weitere Abscheiderkomponenten können mittels eines oder mehrerer Strahlen komprimierten Fluids (Gas, z. B. Luft oder CO<sub>2</sub>) von Staubablagerungen befreit werden. Die dafür notwendige Einrichtung kann vorzugsweise folgendermaßen realisiert werden: An der Rohrwand des Kaminrohrs können mehrere Düsen auf der Höhe des Abscheiders (Sprühelektrode und Kollektorelektrode, beispielsweise die Kanalwandung) angebracht werden. Als Gasversorgung kann eine kleine am Kaminrohr angebrachte Gasflasche oder Gaskartusche dienen. Mit Hilfe eines oder mehrerer automatisch gesteuerter Ventile können Strahlen aus komprimiertem Gas kurzfristig gegen Sprühelektrode und Kollektorelektrode gerichtet werden. Da die Sprühelektrode aus einem dünnen Draht besteht, reicht ein Gasstrahl, um die Sprühelektrode abzublasen und in Schwingung zu versetzen, wodurch diese über die gesamte Länge gesäubert wird. Für die Reinigung der Kollektorelektrode kann eine Art von Multipoint-Injection-Anlage installiert werden, so dass damit die Staubablagerungen über die gesamte Abscheidefläche entfernt werden können. Für die Regelung des Ventils kann, wie oben schon erwähnt, der Effekt der Degradation der Strom-Spannungskennlinie der Sprühelektrode genutzt werden.

**[0031]** Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit für die Regelung der Abreinigungseinrichtungen ist die Vorgabe fester Intervalle, zu denen diese aktiviert werden und die

Abreinigung erfolgt. Unter Umständen sollte der Filter und/oder die Heizungsanlage bei aktivierter Abreinigungseinrichtung ausgeschaltet werden. Durch die erzeugten Vibrationen wird die Elektrode in Schwingung versetzt, wodurch sich die Distanz zur Rohrwand verringert. Dadurch könnte es zu Hochspannungsüberschlägen kommen. Sollte mit der Abreinigungseinrichtung auch das Abgasrohr gereinigt werden, sollte dies evtl. bei ausgeschalteter Heizungsanlage geschehen. Der freigesetzte Feinstaub könnte sonst mit dem Abgasstrom ausgeblasen werden. Gegebenenfalls kann der Betreiber die Abreinigungseinrichtung manuell an der Steuereinheit des Abscheiders aktivieren, um bei unvorhersehbaren Betriebszuständen direkt eingreifen zu können.

**[0032]** Die Zeichnungen stellen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in den Figuren:

Fig. 1 schematisch einen Längsquerschnitt durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders,

Fig. 2 schematisch einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders und

**[0033]** Fig. 1 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders 1, wobei der Schnitt nur einen Teil des Abscheiders 1 darstellt. Der elektrostatische Abscheider 1 ist in einem rohrförmiger Abschnitt einer Abgasleitung 2 einer nur teilweise dargestellten Abgasreinigungsanlage angeordnet und umfasst eine Kanalwandung 3 und einen Strömungskanal 4. Durch den Strömungskanal 4 strömt ein hier durch einen Pfeil P dargestelltes, partikelbeinhaltendes Abgas in die ebenfalls durch den Pfeil P dargestellte Strömungsrichtung. In der Mitte des Strömungskanals 4 erstreckt sich in Strömungsrichtung P eine Elektrode 5, die auch als Mittelelektrode, Sprühelektrode oder Coronelektrode bezeichnet wird. Der Strömungskanal 4 hat einen zu einer Mittelachse A rotationssymmetrischen Querschnitt. Die Elektrode 5 erstreckt sich im Wesentlichen entlang dieser Mittelachse A. Gespeist wird die Elektrode 5 über eine Hochspannungszuführung 6, welche mit einem Isolator 7 ummantelt ist. Der Isolator 7 verhindert einen Spannungsüberschlag von der Elektrode 5 auf die Kanalwandung 3 (Kollektorelektrode). Zusammen mit der Kanalwandung 3 bildet die Elektrode 5 eine Aufladeeinheit, in welcher Partikel elektrisch aufgeladen werden können. Hierzu bildet die Elektrode 5 mit der Kanalwandung 3 unter Anlegen einer Hochspannung ein elektrisches Feld aus, dessen Feldlinien im Wesentlichen radial zu der Elektrode 5 bzw. der Kanalwandung 3 verlaufen, im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung P.

**[0034]** Der elektrostatische Abscheider 1 umfasst in der dargestellten Ausführungsform in Fig. 1 mehrere Partikelabweismittel 8. Ein erstes, beheizbares Partikelab-

weismittel 8.1 ist in dem Isolator 7 integriert und ist als Heizelement für den Isolator 7 ausgebildet, das hier in Form von den Isolator 7 durchdringenden Heizdrähten realisiert ist.

**[0035]** Ein zweites, ebenfalls beheizbares Partikelabweismittel 8.2 ist integriert mit der Elektrodenhaltevorrückung 9 ausgebildet. Die im Wesentlichen stabförmige Elektrodenhaltevorrückung 9 umfasst eine Aufhängung 10, über die sie mit der Kanalwandung 3 verbunden ist. Bevorzugt sind die Elektrodenhaltevorrückung 9 und die Aufhängung 10 L-förmig zueinander angeordnet. Zum Erwärmen der Elektrodenhaltevorrückung 9 dient ein Heizdraht. Die Aufhängung 10 ragt radial von außen durch die Kanalwandung 3 in den Strömungskanal 4 hinein, etwa bis zur Mittelachse A, von wo die Elektrodenhaltevorrückung 9 etwa entlang der Mittelachse A entgegen der Strömungsrichtung P in Richtung Isolator 7 verläuft. Die Sprühelektrode 5, welche über die Hochspannungszuführung 6 gespeist wird, ist spiralförmig um die Elektrodenhaltevorrückung 9 gewickelt, wobei die Abstände a der Windungen etwa äquidistant ausgebildet sind, bevorzugt in einem Abstand von etwa  $a = 10$  mm. Durch die Windungen ist die Wirkungsfläche der Elektrode 5 pro Kanalabschnitt in Strömungsrichtung P vergrößert. Die Elektrode 5 kann auch unabhängig von der Elektrodenhaltevorrückung 9 mit Windungen ausgebildet sein.

**[0036]** Ein drittes Partikelabweismittel 8.3 ist integriert mit der Elektrodenhaltevorrückung 9, genauer einem über die Kanalwandung 3 nach außen hervorragenden Teil der Aufhängung 10, ausgebildet. Das dritte Partikelabweismittel 8.3 ist als mechanisches Partikelabweismittel ausgebildet, welches hier durch eine Rüttleinrichtung realisiert ist. Die Rüttleinrichtung erzeugt Schwingungen, welche über die Aufhängung 10 weiter zu der Elektrodenhaltevorrückung 9 übertragen werden. Durch die Schwingungen werden an der Elektrodenhaltevorrückung 9 und/oder an der Elektrode 5 anhaftende Partikel mechanisch entfernt oder ein Anhaften verhindert oder reduziert. Zudem versetzt die Rüttleinrichtung die Kanalwandung 3 in Schwingung, so dass an der Kanalwandung 3 anhaftende Partikel abgeschüttelt werden. Die drei in Fig. 1 dargestellten Partikelabweismittel 8 können jeweils einzeln oder auch in verschiedenen Kombinationen an einem Abscheider 1 vorhanden sein.

**[0037]** Fig. 2 zeigt schematisch einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders 1. Gleiche oder ähnliche Teile werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Eine detaillierte Beschreibung bereits beschriebener Bauteile entfällt.

**[0038]** Der elektrostatische Abscheider 1 nach Fig. 2 ist vom Prinzip gleich aufgebaut wie der elektrostatische Abscheider 1 nach Fig. 1, und unterscheidet sich lediglich durch die Ausführung des mechanischen Partikelabweismittels 8.4, wobei zur einfacheren Darstellung die anderen Partikelabweismittel 8 nicht explizit dargestellt sind, wobei diese auch entfallen können. Der elektrosta-

tische Abscheider 1 ist in einem rohrförmigen Abschnitt einer Abgasleitung 2 einer nur teilweise dargestellten Abgasreinigungsanlage angeordnet und umfasst eine Kanalwandung 3 und einen Strömungskanal 4. Durch den Strömungskanal 4 strömt ein hier nicht dargestelltes, partikelbeinhaltendes Abgas. Im Inneren des Strömungskanals 4 erstreckt sich in Strömungsrichtung die Elektrode 5, die nichtlinear, wie in Fig. 1 dargestellt, ausgebildet sein kann. Gespeist wird die Elektrode 5 über eine Hochspannungszuführung 6, welche mit dem Isolator 7 ummantelt ist.

**[0039]** Das vierte Partikelabweisemittel 8.4 ist als Fluideindüsungseinrichtung ausgebildet. Sie dient dazu, die Sprühelektrode 5 und ggf. weitere partikelbehaftete Teile mittels eines oder mehrerer Strahlen S von den Partikeln zu befreien. Hierzu wird ein Fluid wie beispielsweise ein beliebiges Gas oder Wasser komprimiert auf das von Partikeln zu befreiende Teil gedüst. Hierzu sind in oder an der Kanalwandung 3 mehrere Düsen 11 angeordnet. Die Düsen 11 sind etwa auf Höhe des elektrostatischen Abscheiders 1, genauer gegenüber oder an den Orten, an denen Partikel bevorzugt anhaften, angeordnet. Die Fluideindüsungseinrichtung 8.4 umfasst weiter einen Fluidvorratsspeicher 12, beispielsweise eine Gasflasche oder Gaskartusche. Diese kann an der Kanalwandung 3 angebracht sein. Über ein Leitungssystem sind die Düsen 11 mit dem Fluidvorratsspeicher 12 verbunden. In dem Leitungssystem ist mindestens ein Ventil 13, bevorzugt ein automatisch gesteuertes Ventil 13 angeordnet. Das Ventil 13 steuert den Zufluss des Fluids zu den Düsen 11. Bei geöffnetem Ventil 13 wird ein Fluidstrahl S zum Beispiel auf die Elektrode 5 gerichtet, oder auch auf die Kanalwandung 3, wie durch die gestrichelten, auseinanderlaufenden Linien dargestellt. Dabei wird das angestrahlte Teil mit einem Impuls beaufschlagt und gerät in Schwingungen. Durch die Fluidströmung und/oder die verursachten Bauteilschwingungen fallen anhaftende Partikel ab oder haften erst gar nicht an.

### Patentansprüche

1. Elektrostatischer Abscheider (1), insbesondere für eine Abgasleitung (2) einer Abgasreinigungsanlage, mit einer Kanalwandung (3) und einem Strömungskanal (4), durch welchen ein partikelbeinhaltendes Abgas (P) in einer Strömungsrichtung strömt, einer sich in dem Strömungskanal (4) im Wesentlichen in Strömungsrichtung (P) erstreckenden Elektrode (5) zur Bildung eines elektrischen Feldes zwischen der Elektrode (5) und der Kanalwandung (3), und einer Hochspannungszuführung (6) zum Speisen der Elektrode (5),  
**dadurch gekennzeichnet, dass** eine Elektrodenhaltevorrichtung (9) und mindestens ein Partikelabweisemittel (8) umfasst sind, und dass die Elektrode (5) zumindest teilweise integriert mit der Elektrodenhaltevorrichtung (9) ausgebildet ist.

2. Elektrostatischer Abscheider (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Partikelabweisemittel (8.2) beheizbar ist und die Elektrodenhaltevorrichtung (9) erwärmt.
3. Elektrostatischer Abscheider (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrodenhaltevorrichtung (9) zumindest teilweise integriert mit dem Partikelabweisemittel (8.2) ausgebildet ist.
4. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode (5) zumindest teilweise entlang einer Oberfläche der Elektrodenhaltevorrichtung (9) verlaufend ausgebildet ist.
5. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode (5) sich nichtlinear erstreckend ausgebildet ist, um in dem Strömungskanal (4) eine größere aktive Wirkungsfläche bereitzustellen.
6. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode (5) zumindest teilweise spiralförmig mit einer geeigneten Steigung ausgebildet ist, so dass sich benachbarte Bereiche der Elektrode (5) nicht gegenseitig negativ beeinflussen.
7. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode (5) zumindest abschnittsweise stromdurchfließbare Ansätze, wie Vorsprünge, aufweist, um eine größere aktive Wirkungsfläche bereitzustellen.
8. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrodenhaltevorrichtung (9) getrennt von oder einteilig mit der Hochspannungszuführung (6) ausgebildet ist.
9. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Partikelabweisemittel (8) an einer und/oder verschiedenen Abscheiderkomponenten vorgesehen sind.
10. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere beheizbare Partikelabweisemittel (8) vorgesehen sind, wobei die Beheizung separat voneinander oder integriert miteinander realisierbar ist.

11. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** ein eine Rüttleinrichtung aufweisendes, mechanisches Partikelabweisemittel (8.3) umfasst ist, das ein dauerhaftes Anhaften von Partikeln an dem Abscheider (1) oder dessen Komponenten durch mittels Rütteln erzeugter Schwingungen mechanisch zumindest reduziert. 5
12. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** ein eine Fluideindüsungseinrichtung aufweisendes, mechanisches Partikelabweisemittel (8.4) umfasst ist, das ein dauerhaftes Anhaften von Partikeln an dem Abscheider (1) oder dessen Komponenten durch Eindüsen eines Fluids und dem damit verbundenen Einwirken des Fluids auf Partikel mechanisch zumindest reduziert. 10  
15  
20
13. Heizungssystem zur Erzeugung von Wärme mittels Verbrennen von einem Energieträger wie Biomasse mit einer Feinstaub emittierenden Heizungsanlage wie eine Biomasse-Heizungsanlage zum Verbrennen des Energieträgers, wobei partikelbeinhaltende Abgase entstehen, und mit einem elektrostatischen Abscheider (1) nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 12. 25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Fig. 1

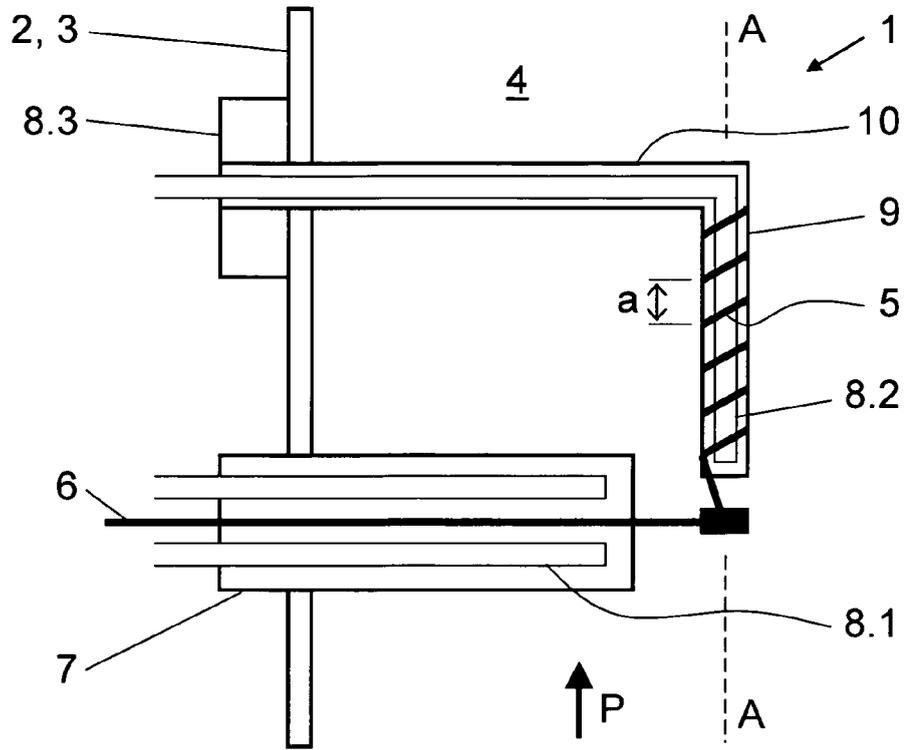
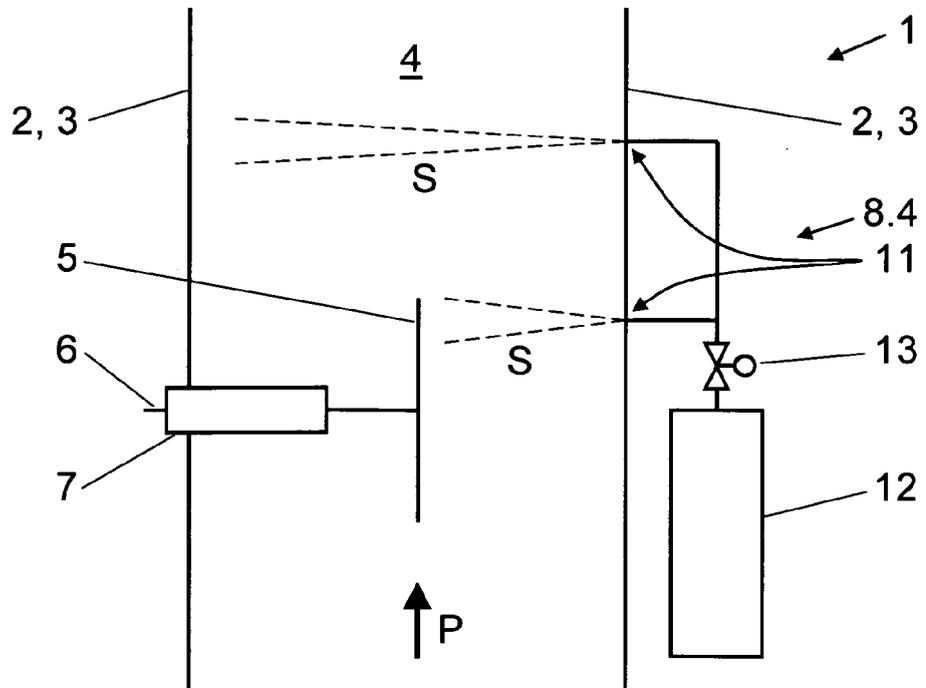


Fig. 2



**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**

- EP 1193445 A2 [0003]