

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 563/2008
(22) Anmeldetag: 09.04.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2010

(51) Int. Cl.⁸: **B01D 53/50** (2006.01)
B01D 53/56 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)

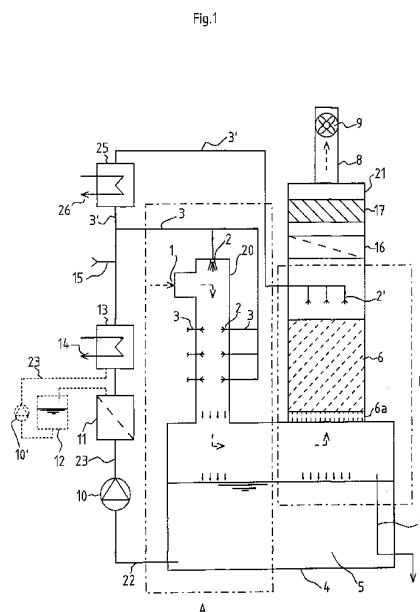
(56) Entgegenhaltungen:
DE 3504157A1 US 6562304B1
EP 1174172A2 EP 1816397A1
JP 56-113328A JP 60-022921A

(73) Patentinhaber:
KARL REINHARD
A-4600 WELS (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR REINIGUNG VON ABGAS UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Kohlendioxid, Stick- und Schwefeloxid, Rauchgasen und Partikeln aus Abgasen von Verbrennungsanlagen unter Besprühen des Abgases mit einer gekühlten, in einem Kreislauf gerührten Waschflüssigkeit.

Um Kohlendioxid sowie weitere umweltbelastende Verbindungen, wie Schwefel- und Stickoxide, sowie gegebenenfalls vorhandene Rauchgase und Partikel, wie Ruß und/oder Staub, auf zuverlässige Weise aus dem Abgas zu entfernen, werden beim erfindungsgemäßen Verfahren in einer ersten Prozessstufe (A) die säurebildenden Verbindungen im Abgas durch Besprühen mit einer basischen Waschflüssigkeit zumindest teilweise chemisch absorbiert, anschließend wird die verunreinigte Waschflüssigkeit gesammelt, gereinigt und gekühlt, zumindest ein Teil der bereits gekühlten Waschflüssigkeit wird weiter abgekühlt und einer weiteren Prozessstufe (B) zugeführt, wobei das in der ersten Prozessstufe (A) vorgereinigte Abgas in der weiteren Prozessstufe (B) durch eine Füllkörperkolonne (6) strömt und dabei mit der nochmals abgekühlten Waschflüssigkeit besprüht wird.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR REINIGUNG EINES ABGASES UND ANLAGE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Kohlendioxid, Stick- und Schwefeloxiden, Rauchgasen und Partikeln aus Abgasen von Verbrennungsanlagen unter Besprühen des Abgases mit einer gekühlten, in einem Kreislauf geführten Waschflüssigkeit. Die Erfindung betrifft ferner eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Abgase aus Verbrennungsanlagen, beispielsweise Hackschnitzel-, Öl-, Gas- und Müll-Verbrennungsanlagen, enthalten meist eine Anzahl umweltbelastender Verbindungen, vor Allem Kohlendioxid, Schwefel- und Stickoxide sowie, brennstoffabhängig, auch Rauchgase, Ruß und andere Partikel. Zur Reinigung von Abgasen aus Verbrennungsprozessen sind zahlreiche Verfahren bekannt. Bei den bekannten Methoden geht es vor Allem um die Entfernung von Staub, Ruß und anderen Teilchen sowie die Entfernung von Stickoxiden und Schwefeloxiden und um Verfahren zur Wärmerückgewinnung aus heißen Abgasen.

[0003] Es ist bekannt, SO_2 und NO_x aus Rauchgasen auszuwaschen, indem für die Waschung Alkalien, Kalkstein, Weißfeinkalk, Natronlauge, Kalilauge und dergleichen Verwendung finden. Des Weiteren ist es bekannt, zur Verbesserung der Waschfähigkeit der eingesetzten Additive ein- und/oder mehrbasische Carbonsäuren einzusetzen. Bei der simultanen Waschung von SO_2 und NO_x wird zur Eisenchelatkomplexherstellung EDTA und/oder NTA verwendet. Um eine stabilere Eisenkomplexverbindung zu schaffen, wird gemäß der DE-A-35 04 157 vorgeschlagen, dass die Waschflüssigkeit mit Kalkstein, Kalkhydrat oder Alkalien angesetzt ist wobei diese aus einem Eisenchelatkomplex hergestellt sind, das - mit Kalziumformiat bzw. Natriumformiat stabilisiert und mit Natriumdithionit versetzt - Anwendung im Waschwasser findet.

[0004] Aus der EP-A-1 174 172 ist ein Verfahren zur Reinigung eines Abgases bekannt, welches als Verunreinigungen Aerosole, Staub und organische Gase enthält. Die Abscheidung der im Abgas vorhandenen Verunreinigungen erfolgt in einem einzigen Arbeitsdurchlauf mittels eines mit Wasser kontinuierlich berieselten Biowäschers und eines mit Wasser diskontinuierlich abgereinigten Nasselektrofilters. Das dem Biowäscher und dem Nasselektrofilter zugeführte Wasser wird in einem geschlossenen, ein Belebungsbecken enthaltenen Kreislauf geführt. Der Biowäscher enthält einen gewachsenen Bakterienfilm, welcher die organischen Gase aufnimmt und oxidiert. Das in die Anlage eintretende Abgas wird vorerst durch ein von einem Vorabscheider kommendes Berieselungswasser gekühlt und strömt anschließend durch den Vorabscheider, den Biowäscher und den Nasselektrofilter. Das Wasser wird vom Belebungsbecken zugeführt, welchem Nahrungsstoffe für die Bakterien im Biofilter, beispielsweise Harnstoff und Phosphorsäure, zugeführt werden. Diese bekannte Anlage ist daher darauf abgestellt, Feinpartikel und organische Gase aus Abgasen auszuscheiden.

[0005] Die EP-A-1 816 397 befasst sich mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Wärmerückgewinnung aus mit Feuchte belasteter Abluft, welche beispielsweise von Industrieöfen verschiedener Art, Feststofffeuerungen, Trockner und Rauchgasreinigungsanlagen stammt. Bei diesem Verfahren wird die Wärme als Niedertemperaturwärme in einen thermodynamischen Kreisprozess eingekoppelt, dort auf ein höheres Temperaturniveau angehoben und auf dem hohen Temperaturniveau als Nutzwärme ausgekoppelt, wobei gleichzeitig zumindest ein Teil der in der Abluft enthaltenen Feuchtigkeit kondensiert wird. Die dieses Verfahren durchführende Vorrichtung weist eine horizontal verlaufende Abluftleitung auf, die in eine vertikal verlaufende Abluftleitung übergeht, in welcher, von unten nach oben gesehen, verschiedene Reinigungsstufen, nämlich ein Gasverteilterboden und ein Elektrofilter zur Feststoffausscheidung, sowie ein Tropfenabscheider angeordnet sind. Die Vorrichtung enthält einen Quenchwasserkreislauf zur schockartigen Abkühlung des Abluftstromes und damit zur Auskondensierung der im Abluftstrom enthaltenen Feuchtigkeit. In den Abluftleitungen sind gruppenweise Quenchdüsen angeordnet, welche über einen Quenchwassersammeltank mit Quenchwasser versorgt werden. Das über die Quenchdüsen in den Abluftstrom kommende Quenchwasser gelangt zusammen mit

der aus dem Abluftstrom auskondensierten Feuchte wieder in den Quenchwassersammeltank. Der thermodynamische Kreisprozess ist als Verdampfer-Verdichter-Kondensator-Drossel-Kreislauf ausgebildet. Dabei wird im Verdichter überhitzter Dampf erzeugt, dessen Wärme im Kondensator abgegeben wird, welcher ein Wärmeträgermedium, beispielsweise Fernwärmewasser, erhitzt.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit welchen das beim Betrieb von Verbrennungsanlagen entstehende Kohlendioxid sowie weitere entstehende umweltbelastende Verbindungen wie Schwefel- und Stickoxide, sowie gegebenenfalls gebildete Rauchgase und Partikel, wie Ruß und/oder Staub, auf zuverlässige Weise aus dem Abgas weitgehend entfernt werden können.

[0007] Was das Verfahren betrifft, wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in einer ersten Prozessstufe die säurebildenden Verbindungen im Abgas durch Besprühen mit einer basischen Waschflüssigkeit zumindest teilweise chemisch absorbiert werden, anschließend die verunreinigte Waschflüssigkeit gesammelt, gereinigt und gekühlt wird, zumindest ein Teil der bereits gekühlten Waschflüssigkeit weiter abgekühlt wird und einer weiteren Prozessstufe zugeführt wird, wobei das in der ersten Prozessstufe vorgereinigte Abgas in der weiteren Prozessstufe durch eine Füllkörperkolonne strömt und dabei mit der nochmals abgekühlten Waschflüssigkeit besprüht wird.

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens weist zumindest zwei vom zu reinigenden Abgas nacheinander durchströmte Reinigungskammern mit Sprüheinrichtungen, ferner einen Auffangbehälter für Waschflüssigkeit, zumindest eine Pumpe, und im Kreislauf der Waschflüssigkeit zumindest einen Wärmetauscher und zumindest einen Feststoffabscheider auf.

[0009] Die gemäß der Erfindung zum Besprühen verwendete basische Waschflüssigkeit ist in der Lage, die unerwünschten säurebildenden Gase im Abgas, wie Kohlendioxid, Schwefel- und Stickoxide, nahezu komplett chemisch zu absorbieren und chemisch zu neutralisieren. Führt das Abgas auch Partikel mit, wäscht die Waschflüssigkeit zumindest einen Teil der Partikel aus.

[0010] Soll höher belastetes Abgas gereinigt werden, ist es von Vorteil, dieses mehr als zwei aufeinander folgenden Prozessstufen mit basischer Waschflüssigkeit zu besprühen.

[0011] Die beim Sprühen verwendete Waschflüssigkeit wird, wie erwähnt, in einem Kreislauf geführt. In diesem Kreislauf ist ein Sammeln der beim Sprühen verwendeten Waschflüssigkeit, ein Reinigen der Waschflüssigkeit durch Zurückhalten bzw. Ausscheiden von Feststoffen und eine Kühlung der Waschflüssigkeit in mehreren Stufen vorgesehen.

[0012] Zumindest ein Teil der bereits gekühlten Waschflüssigkeit wird weiter abgekühlt und der weiteren Prozessstufe zuzuführen. Die Abkühlung ist bis auf eine Temperatur nahe des Gefrierpunktes der Waschflüssigkeit möglich. Je tiefer die Temperatur der Waschflüssigkeit beim Besprühen ist, umso geringer ist der Kondensatanteil in der Abluft.

[0013] Der Wirkungsgrad der Abgasreinigung im erfindungsgemäßen Verfahren wird erhöht, wenn das in der ersten Prozessstufe vorgereinigte Abgas in der oder in einer weiteren Prozessstufe durch eine Füllkörperkolonne strömt und dabei mit stark abgekühlter Waschflüssigkeit besprüht wird. Die Füllkörperkolonne vergrößert die Kontaktfläche zwischen Abgas und Waschflüssigkeit und erhöht damit den Wirkungsgrad des Absorptionsprozesses und der Kondensation beim Besprühen.

[0014] Vor dem Ausschleusen und der Abgabe an die Umgebungsluft wird das gereinigte Abgas, soweit erforderlich, weiter entfeuchtet.

[0015] Durch sich bildendes Kondensat kann überschüssige Waschflüssigkeit entstehen und gesammelt werden. Diese wird gemäß der Erfindung entweder über eine Neutralisationsstufe oder direkt ausgeschleust.

[0016] Etwaige Verluste an Waschflüssigkeit im Kreislauf können durch Nachdosierung ausgeglichen werden. Auch die Einstellung der Basizität der Waschflüssigkeit erfolgt erfindungsge-

mäß durch entsprechendes Nachdosieren.

[0017] Als Waschflüssigkeiten eignen sich im erfindungsgemäßen Verfahren Flüssigkeiten mit einem pH-Wert > 8 , insbesondere mit Wasser verdünnte Natronlauge oder Kalilauge.

[0018] Die Waschflüssigkeit entzieht dem Abgas Wärme, welche bei der Abkühlung der Waschflüssigkeit über Wärmetauscher abgegeben wird und einer gesonderten Nutzung zugeführt wird, beispielsweise zur Trocknung von Hackschnitzel, zur Vorwärmung von Verbrennungsluft in der Verbrennungsanlage oder zum Betrieb einer Niedertemperaturheizung verwendet wird.

[0019] Die erfindungsgemäße Anlage zur Durchführung des Verfahren weist mindestens zwei Reinigungskammern auf, wobei die später mit Abgas beschickte Kammer eine Füllkörperkolonne enthält, oberhalb welcher die Sprüheinrichtung positioniert ist.

[0020] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die oberhalb der Füllkörperkolonne angeordnete Sprüheinrichtung mit einem Teil des Kreislaufes der Waschflüssigkeit in Verbindung steht bzw. von einem Kreislaufteil versorgt wird, in welchem ein Wärmetauscher für eine Abkühlung der Waschflüssigkeit auf eine Temperatur nahe des Gefrierpunktes sorgt.

[0021] Zum Ausscheiden von Wasser aus dem gereinigten Abgas, vor dem Ausschleusen desselben, eignet sich ein Tropfenabscheider, zur abschließenden Trocknung des gereinigten Abgases kann ein Kältelufttrockner vorgesehen sein.

[0022] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt

[0023] Fig. 1 eine schematische Vertikalansicht einer Ausführung einer Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0024] Die in der Figur schematisch dargestellte Anlage arbeitet in zwei Prozessstufen A und B. Die den beiden Prozessstufen A und B im Wesentlichen zugeordneten Anlagenteile sind in Fig. 1 strichpunktiert umrandet.

[0025] Zu den Anlagebestandteilen der ersten Prozessstufe A gehört eine in vertikaler Richtung verlaufende erste Reinigungskammer 20, welche beispielsweise als ein temperaturbeständiges, oben geschlossenes Rohr ausgeführt ist. In die Reinigungskammer 20 ragen von oben und von den vertikal verlaufenden Wänden mehrere Sprüheinrichtungen 2. Am oberen Ende der Reinigungskammer 20 ist ein Stutzen 1 oder dergleichen angesetzt, über welchen das zu reinigende Abgas zugeführt wird, gegebenenfalls mittels einer nicht dargestellten Venturidüse angesaugt wird. Die Reinigungskammer 20 mündet in einen Auffangbehälter 4, an welchen in Bodennähe eine Austrittsleitung 22 angeschlossen ist. Oberhalb des Auffangbehälters 4 und mit diesem in Verbindung ist neben der ersten Reinigungskammer 20 eine zweite, zu den Anlagenbestandteilen der zweiten Prozessstufe B gehörende, vertikal verlaufende Reinigungskammer 21 positioniert, welche beispielsweise ebenfalls rohrförmig ausgeführt ist, wobei ihr Durchmesser größer ist als jener der ersten Reinigungskammer 20. In der zweiten Reinigungskammer 21 sind von unten nach oben eine Füllkörperkolonne 6, ein Tropfenabscheider 16 und ein Kältelufttrockner 17, dieser optional, angeordnet. Die Füllkörperkolonne 6 besteht beispielsweise aus einer Vielzahl von Füllkörpern in loser Schichtung, welche von einem gas- und flüssigkeitsdurchlässigen Füllkörperträger 6a gehalten sind. In den Zwischenraum zwischen der Füllkörperkolonne 6 und dem Tropfenabscheider 16 ragt ein Sprüharm 2'a mit einer Anzahl von Sprüheinrichtungen 2'. Der Sprüharm 2'a kann fest, aber auch drehbar und/oder in der Höhe verstellbar angeordnet sein. Oberhalb des Kältelufttrockners 17 befindet sich ein Luftaustritt 8, hier verlässt die gereinigte Abluft die Anlage, wobei zur Unterstützung des Ablufttransportes im Abluftstrom ein Ventilator 9 eingebaut sein kann.

[0026] Das heiße Abgas aus einer nicht dargestellten Verbrennungsanlage, beispielsweise einer Anlage zur Verbrennung von Holzhackschnitzel, tritt mit einer Temperatur $> 90^{\circ}\text{C}$ über den Stutzen 1 in die erste Reinigungskammer 20 ein. Die in gestrichelten Linien gezeichneten Pfeile versinnbildlichen den Weg des Abgases durch die Anlage. Eine nicht dargestellte Messeinrichtung erfasst dabei die Temperatur des einströmenden Abgases. Das durch die erste

Reinigungskammer 20 von oben nach unten strömende Abgas wird über die Sprüheinrichtungen 2 mit einer basischen Waschflüssigkeit, beispielsweise verdünnter Natronlauge, besprüht. Durch das Besprühen mit basischer Waschflüssigkeit werden im Abgas befindliches Kohlendioxid, Stick- und Schwefeloxide durch chemische Absorption neutralisiert. Diese säurebildenden Bestandteile des Abgases bilden mit der basischen Waschflüssigkeit, in Abhängigkeit vom pH-Wert der Waschflüssigkeit, Carbonat oder Hydrogencarbonat, ferner werden SO_x und NO_x gebildet, welche zu Sulfat und Nitrat oxidiert werden. Es entstehen daher unbedenkliche Verbindungen. Etwaige Rauchgase und zumindest ein Teil der mit dem Abgas transportierten Partikel, beispielsweise Ruß oder Staub, werden ausgewaschen. Die beladene, durch das Abgas erwärmte Waschflüssigkeit sammelt sich im Auffangbehälter 4, das abgekühlte Abgas strömt oberhalb des Flüssigkeitsniveaus in und durch den Auffangbehälter 4.

[0027] Damit ein gewisses Niveau an Waschflüssigkeit 5 im Behälter 4 nicht überschritten wird, kann eine Niveauregelung, beispielsweise ein einfacher Überlauf 7, vorgesehen sein. Die mittels des Überlaufs 7 abgeleitete Waschflüssigkeit kann einer Neutralisation zugeführt oder direkt abgeleitet werden.

[0028] Oberhalb der im Auffangbehälter 4 befindlichen Waschflüssigkeit 5 wird das gereinigte Abgas zur Erhöhung des Reinigungsgrades in der zweiten Prozessstufe B nochmals gereinigt, wie weiter unten beschrieben wird.

[0029] Die im Behälter 4 aufgefangene Waschflüssigkeit 5 wird über die Austrittsleitung 22 nahe des Bodens des Auffangbehälters 4 mittels einer Pumpe 10 aus dem Auffangbehälter 4 ständig abgeleitet. Die Pumpe 10 transportiert die beladene Waschflüssigkeit über eine Verbindungsleitung 23 zu einem Feststoffabscheider 11, welcher, je nach erwünschtem Abscheidewirkungsgrad, als Flotationsabscheider, Membranfilter, Anschwemmfilter, Sand- oder Mehrschichtfilter ausgeführt sein kann. Die Wahl des Feststoffabscheiders 11 richtet sich auch danach, welche Partikel im zu reinigenden Abgas enthalten bzw. zu erwarten sind. Über eine weitere Verbindungsleitung gelangt die Waschflüssigkeit unmittelbar zu einem Wärmetauscher 13. Alternativ kann vorgesehen sein, die aus dem Feststoffabscheider 11 austretende Waschflüssigkeit in einen Zwischenbehälter 12 zu leiten und von hier aus über eine zweite Pumpe 10' und eine weitere Verbindungsleitung 23 zum Wärmetauscher 13 zu transportieren. Im Wärmetauscher 13 wird der Waschflüssigkeit Wärme entzogen, wobei die Abwärme, angedeutet durch den Pfeil 14 in Fig. 1, einer separaten Nutzung zugeführt werden kann, beispielsweise zur Trocknung von Hackschnitzel, zur Vorwärmung der Verbrennungsluft in der Verbrennungsanlage oder zum Betrieb einer Niedertemperaturheizung eingesetzt werden kann. Die aus dem Wärmetauscher 13 austretende, gekühlte Waschflüssigkeit wird über Verbindungsleitungen 3 den Sprüheinrichtungen 2 zugeführt. Ein etwaiger Verlust an Waschflüssigkeit durch Verdunstung oder eine etwaige Verdünnung der Waschflüssigkeit durch Kondensatbildung kann mittels einer Dosiereinrichtung 15, über welche basische Waschflüssigkeit in Verdünnung oder als Konzentrat zugeführt werden kann, nachdosiert werden.

[0030] Die Anlage wird insbesondere derart betrieben, dass die der ersten Reinigungskammer 20 zugeführte Waschflüssigkeit eine Temperatur > 16°C, etwa bis in die Größenordnung von 75°C, aufweist. Ein Teilstrom der gekühlten, aus dem Wärmetauscher 13 kommenden Waschflüssigkeit wird, wie es Fig. 1 zeigt, nach der Dosiereinrichtung 15 abgezweigt, über eine Verbindungsleitung 3' in einen weiteren Wärmetauscher 25 geleitet und hier durch Abgabe ihrer Wärme, vorzugsweise bis in die Nähe ihres Gefrierpunktes, abgekühlt. Die Abwärme aus dem Wärmetauscher 25, angedeutet durch den Pfeil 26, kann einer gesonderten Nutzung, analog zur Nutzung der Abwärme aus dem Wärmetauscher 13, zugeführt werden. Über eine weitere Verbindungsleitung 3' wird die im Wärmetauscher 25 stark abgekühlte Waschflüssigkeit dem Sprüharm 2'a bzw. dessen Sprüheinrichtungen 2' zugeführt.

[0031] In der zweiten Prozessstufe B strömt das vorgereinigte Abgas vom Auffangbehälter 4 in die Füllkörperkolonne 6. Das durch die Füllkörper aufsteigende Abgas wird dabei von oben über die Sprüheinrichtungen 2' mit der stark abgekühlten Waschflüssigkeit berieselt. Die Füllkörper vergrößern die Kontaktfläche des Abgases, wodurch der Abscheidungsgrad erhöht und der

Kondensatanteil im Abgas verringert werden. Die Waschflüssigkeit sickert durch die Füllkörper und tropft in den Auffangbehälter 4. Der Feuchtigkeitsanteil im weiter aufsteigenden Abgas wird im Tropfenabscheider 16 nochmals verringert. Anschließend kann das Abgas zur abschließenden Trocknung durch den Kältelufttrockner 17 geleitet werden und verlässt dann die Abgasreinigungsanlage, gegebenenfalls unterstützt durch den Ventilator 9.

[0032] Von besonderem Vorteil ist, dass durch die starke Abkühlung des Abgases beim Durchtritt durch die Füllkörperkolonne 6 bereits ein Großteil des in der Gasphase mittransportierten Wassers auskondensiert wird. Grundsätzlich wird in der zweiten Prozessstufe der Reinigungsvorgang durch die basische Waschflüssigkeit wiederholt, sodass der Wirkungsgrad der Anlage deutlich erhöht wird. Darüber hinaus wird ein Großteil der noch mit dem Abgas transportierten Partikel in der Füllkörperkolonne 6 zurückgehalten und mit Waschflüssigkeit in den Auffangbehälter 4 gespült.

[0033] Als basische Waschflüssigkeit eignen sich Flüssigkeiten mit einem pH-Wert > 8 , neben der bereits erwähnten verdünnten Natronlauge beispielsweise verdünnte Kalilauge oder Sodaauslösung, wobei in der Waschflüssigkeit Carbonat oder Hydrogencarbonat entsteht. Ausgeschwemmte Rußpartikel sind als Kohlenstoff in der Waschflüssigkeit unbedenklich, schwefelige Säure und Stickoxide werden neutralisiert und sind in der dann vorliegenden Verdünnung unbedenklich.

[0034] Um die Waschflüssigkeit auf eine Temperatur $< 0^{\circ}\text{C}$ kühlen zu können, ist es denkbar, der Waschflüssigkeit Ethylenglykol oder Glycerin beizumischen.

[0035] Von Vorteil ist es ferner, im Bereich des Abgasaustrittes eine Abgasmessung, beispielsweise zur Bestimmung der noch vorhandenen Reste an Kohlendioxid, NO_x und SO_x vorzunehmen, und die Dosiereinrichtung 15 entsprechend zu regeln, um derart die Basizität der Waschflüssigkeit optimal einzustellen.

[0036] Alternativ oder zusätzlich kann eine ständige pH-Wert-Messung der gereinigten, gekühlten Waschflüssigkeit erfolgen.

[0037] Die Erfindung ist auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsformen nicht eingeschränkt. So ist es insbesondere möglich, einzelne Prozessschritte mehrmals zu wiederholen, beispielsweise Waschvorgänge mit Waschflüssigkeit öfters als zwei Mal vorzusehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entfernung von Kohlendioxid, Stick- und Schwefeloxid, Rauchgasen und Partikeln aus Abgasen von Verbrennungsanlagen unter Besprühen des Abgases mit einer gekühlten, in einem Kreislauf geführten Waschflüssigkeit, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer ersten Prozessstufe (A) die säurebildenden Verbindungen im Abgas durch Besprühen mit einer basischen Waschflüssigkeit zumindest teilweise chemisch absorbiert werden, anschließend die verunreinigte Waschflüssigkeit gesammelt, gereinigt und gekühlt wird, zumindest ein Teil der bereits gekühlten Waschflüssigkeit weiter abgekühlt wird und einer weiteren Prozessstufe (B) zugeführt wird, wobei das in der ersten Prozessstufe (A) vorgereinigte Abgas in der weiteren Prozessstufe (B) durch eine Füllkörperkolonne (6) strömt und dabei mit der nochmals abgekühlten Waschflüssigkeit besprüht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abgas in mehr als zwei aufeinander folgenden Prozessstufen (A, B) mit basischer Waschflüssigkeit besprüht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der in der ersten Prozessstufe (A) verunreinigten Waschflüssigkeit die Feststoffe zurückgehalten oder ausgeschieden werden und die Waschflüssigkeit anschließend gekühlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weiter abgekühlte Teil der Waschflüssigkeit bis auf eine Temperatur nahe ihres Gefrierpunktes gekühlt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in der ersten Prozessstufe (A) vorgereinigte Abgas in der weiteren Prozessstufe (B) durch eine Füllkörperkolonne (6) strömt und dabei mit stark abgekühlter Waschflüssigkeit besprüht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gereinigte Abgas vor dem Ausschleusen entfeuchtet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Kreislauf gesammelte überschüssige Waschflüssigkeit entweder über eine Neutralisationsstufe oder direkt ausgeschleust wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass Verluste an Waschflüssigkeit durch Nachdosierung ausgeglichen werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der Basizität der Waschflüssigkeit durch Nachdosierung erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Waschflüssigkeit einen pH-Wert > 8 aufweist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Waschflüssigkeit mit Wasser verdünnte Natronlauge oder Kalilauge verwendet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die bei der Abkühlung der Waschflüssigkeit frei werdende Wärme einer gesonderten Nutzung zugeführt wird.
13. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest zwei vom zu reinigenden Abgas nacheinander durchströmte Reinigungskammern (20, 21) mit Sprüheinrichtungen (2, 2'), ferner einen Auffangbehälter (4) für Waschflüssigkeit, zumindest eine Pumpe (10), und im Kreislauf der Waschflüssigkeit zumindest einen Wärmetauscher (13, 25) und zumindest einen Feststoffabscheider (11) aufweist.
14. Anlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Reinigungskammer (21) vorgesehen ist, welche eine Füllkörperkolonne (6) enthält, wobei die Sprüheinrichtung (2') oberhalb dieser positioniert ist.
15. Anlage nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kreislauf der Waschflüssigkeit einen abgezweigten Kreislauftteil aufweist, welcher einen Wärmetauscher (25) zur Abkühlung von Waschflüssigkeit auf eine Temperatur nahe des Gefrierpunktes enthält.
16. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die oberhalb der Füllkörperkolonne (6) angeordnete Sprüheinrichtung (2') mit dem abgezweigten Kreislauftteil in Verbindung steht.
17. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie einen Tropfenabscheider (16) zur Ausscheidung von Wasser aus dem gereinigten Abgas, vor dem Ausschleusen desselben, aufweist.
18. Anlage nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie einen Kältelufttrockner (17) zur abschließenden Trocknung des gereinigten Abgases, vor dem Ausschleusen desselben, aufweist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig.1

