



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 237 117 A5

4(51) B 01 D 53/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP B 01 D / 279 598 1	(22)	12.08.85	(44)	02.07.86
(31)	3871/84-4	(32)	13.08.84	(33)	CH

(71)	siehe (73)
(72)	Fattinger, Volker, Dr., AT
(73)	CIBA-GEIGY AG, 4002 Basel, CH

(54) Verfahren zur Entfernung von Stickstoff- und Schwefeloxiden aus Abgasen

(57) Verfahren zur Entfernung von Stickstoff- und Schwefeloxiden aus Abgasen, insbesondere aus Rauchgasen von Kraftwerken, nach einem modifizierten Stickoxidverfahren zur Herstellung von Schwefelsäure unter Gewinnung von verwertbaren Stickstoff- und Schwefelverbindungen durch Adsorption von mehr als der Hälfte vom Stickoxidgehalt des in das Verfahren eingeleiteten Abgases und Desorption der stickoxidhaltigen Flüssigkeit, bei dem

a) das freigesetzte Stickoxid mit einem sauerstoffhaltigen Gas zu einem relativ an Stickoxid und Sauerstoff reichen Gas vermischt wird, in welchem sich Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, und das entstandene Stickstoffdioxid und/oder daraus hergestellte Salpetersäure sowie ein Restgehalt an Stickstoffmonoxid in den Hauptstrom des zu behandelnden Abgases eingeführt wird, wobei die in das System eingebrachten Molmengen an vier- und fünfwertigen Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen größer sind als die daneben eingebrachte Molmenge Stickstoffmonoxid, und

b) die mindestens teilweise von Stickoxiden befreite Flüssigkeit oder deren Hauptmenge nach Durchlauf der Desorptionsanlage in einen oder mehrere der Gasbehandlungstürme des Hauptabgasstroms zurückgeführt wird.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Entfernung von Stickstoff- und Schwefeloxiden aus Abgasen, insbesondere aus Rauchgasen von Kraftwerken, nach einem modifizierten Stickoxidverfahren zur Herstellung von Schwefelsäure unter Gewinnung von verwertbaren Stickstoff- und Schwefelverbindungen, **gekennzeichnet dadurch**, daß mehr als die Hälfte vom Stickoxidgehalt des in das Verfahren eingeleiteten Abgases absorbiert und die stickoxidhaltige Flüssigkeit anschließend einer Desorption unterworfen wird, worauf
 - a) das freigesetzte Stickoxid mit einem sauerstoffhaltigen Gas zu einem relativ an Stickoxid und Sauerstoff reichen Gas vermischt wird, in welchem sich Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, und das entstandene Stickstoffdioxid und/oder daraus hergestellte Salpetersäure sowie ein Restgehalt an Stickstoffmonoxid in den Hauptstrom des zu behandelnden Abgases eingeführt wird, wobei die in das System eingebrachten Molmengen an vier- und fünfwertigen Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen größer sind als die daneben eingebrachte Molmenge Stickstoffmonoxid, und
 - b) die mindestens teilweise von Stickoxiden befreite Flüssigkeit oder deren Hauptmenge nach Durchlaufen der Desorptionsanlage in einen oder mehrere der Gasbehandlungstürme des Hauptabgasstroms zurückgeführt wird.
2. Verfahren gemäß Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Stickoxide des Abgases in Schwefelsäure absorbiert werden.
3. Verfahren gemäß einem der Punkte 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Temperatur der Absorptionsflüssigkeit weniger als 30°C beträgt.
4. Verfahren gemäß Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Säuredenitrierung die Schwefelsäurekonzentration kleiner ist als 73 Vol.-%.
5. Verfahren gemäß Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Abgas und die zu denitrierende Säure die Denitrierstufe des Stickoxidverfahrens im Gleichstrom passieren.
6. Verfahren gemäß einem der Punkte 1 und 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die in der Denitrierstufe des Stickoxidverfahrens vordenitrierte Säure einer Feindenitrierung und/oder Aufkonzentrierung unterworfen wird.
7. Verfahren gemäß Punkt 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die aus Feindenitrierung und/oder Aufkonzentrierung austretende Säure zum Erhitzen der kalten Austrittsgase der Stickoxidabsorption verwendet wird.
8. Verfahren gemäß Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Abgase mit einem Gehalt von weniger als 0,8 Vol.-% Schwefeldioxid gereinigt werden.
9. Verfahren gemäß einem der Punkte 1 und 8, **gekennzeichnet dadurch**, daß Abgase mit einem Gehalt von mehr als 100 ppm Stickoxid gereinigt werden.
10. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens gemäß Punkt 1 mit mehreren hintereinander geschalteten Gaswaschtürmen für die Gaskühlung, Säuredenitrierung, Schwefeldioxidabsorption, Stickoxidabsorption 1 und 2 und Reingaserhitzung, **gekennzeichnet durch** eine Anlage zur Desorption der aus der Stickoxidabsorption zugeleiteten stickoxidhaltigen Flüssigkeit, enthaltend einen Erhitzer (20) für die stickoxidhaltige Flüssigkeit, einen Stickoxidstripper (22) mit einer einen Ventilator (21) aufweisenden Zuleitung (41) für ein sauerstoffhaltiges Gas, ein mit dem Stripper (22) über eine Leitung verbundener Oxidationsraum (24 a), von dem eine Leitung zu einem Salpetersäureabsorber (25) führt, der an einer Kreislaufleitung mit einer Kreislaufpumpe (26) und einem Säurekühler (2) ausgestattet ist, eine Leitung (28 a) für die Zuführung von Salpetersäure in die Säuredenitrierung der Abgasbehandlung, eine Leitung (28 b) zum Wegleiten des produzierten Überschusses an Salpetersäure, ein über eine Leitung mit dem Salpetersäureabsorber (25) verbundener zweiter Oxidationsraum (24 b) und eine Leitung (29) für die Zuführung von überwiegend Stickstoffdioxid enthaltenden Stickoxidgasen in die Säuredenitrierung der Abgasbehandlung.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entfernung von Stickstoff- und Schwefeloxiden aus Abgasen, insbesondere aus Rauchgasen von Kraftwerken, nach einem modifizierten Stickoxidverfahren zur Herstellung von Schwefelsäure unter Gewinnung von verwertbaren Stickstoff- und Schwefelverbindungen. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, Stickoxide dadurch aus Rauchgasen zu entfernen, daß man den noch heißen Rauchgasen vor der vollständigen Wärmenutzung Ammoniak zumischt und sie über einen Katalysator leitet, wobei die Stickoxide zu Stickstoff reduziert werden. Ein Nachteil dieses Verfahrens sind die Kosten für den Ammoniak und die begrenzte Standzeit des Katalysators. Bei salzhaltiger Kohle verdampfen im Verbrennungsraum Salze, welche Aerosole bilden, die den Katalysator verschmutzen. Ein weiterer Nachteil des trockenen und auch des nassen Einsatzes von Ammoniak bei der Rauchgasreinigung ist die Bildung von Ammonsulfat-Aerosolen und anderen Salzaerosolen, die trotz hohen Aufwandes nicht restlos abscheidbar sind. Die mit dem gereinigten Rauchgas in die Atmosphäre gelangten Aerosole verstärken die Dunstbildung in der Atmosphäre und vermindern die natürliche Sonneneinstrahlung durch Smogbildung.

In Rauchgasen liegen die Stickoxide zum größten Teil als NO vor, welches sehr schlecht absorbierbar ist. Es ist bekannt, durch Zusatz von Ozon NO in NO₂ überzuführen und z. B. mittels ammoniakalischer Flüssigkeiten zu absorbieren. Ein Nachteil ist neben den hohen Kosten für die Ozonherzeugung die bereits erwähnte unvermeidbare Bildung von Aerosolen.

Das Stickoxid-Schwefelsäure-Verfahren ist in den letzten Jahren — infolge der Bemühungen zur Reinhaltung der Luft — zur Abscheidung von SO₂ und NO_x aus Abgasen mit ca. 1 Vol.-% SO₂ vorgeschlagen worden. Diese Arbeiten sind die Ausgangsbasis der vorliegenden Erfindung, wobei auf folgende Publikationen verwiesen wird:

- Fattinger, V., Proc. Brit. Sulphur Corp., 3rd Int. Conf. Fert., London, November 1979, Paper XXVI
- Blankenstein, K., Neumann, G. E., U. B. A., F und E Bericht No. 10403311, Juni 1980
- Sander, U., Fattinger, V., Chem. Ing. Techn., 55 (1983) Nr. 8, S. 601/607
- Fattinger, V., CIBA-GEIGY Corporation US-Patent No. 4 148 868 (1979)
- Fattinger, V., CIBA-GEIGY Corporation US-Patent No. 4 242 321 (1980)
- Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 4., neubearbeitete und erweiterte Auflage, Verlag Chemie, Weinheim, Band 21 (1982), S. 148.

Rauchgase von Kraftwerken haben meist nur 0,02–0,5 Vol.-% SO₂, und man hielt bisher eine SO₂-Anreicherung für notwendig, bevor eine Verarbeitung in einem Stickoxid-Schwefelsäure-System möglich wird. Außerdem besteht in der Fachwelt die Meinung, ein Stickoxid-Schwefelsäure-Verfahren verursache eine Verschmutzung der Atmosphäre durch NO_x-Verluste. Ein Hauptgrund für die Unbrauchbarkeit bekannter Stickoxid-Schwefelsäure-Verfahren für das Verarbeiten von Abgasen aus Kraftwerken ist die hohe Verweilzeit für die Oxidation des im Denitrierturm freigesetzten NO. Voraussetzung für eine Stickoxid-Absorption ist nämlich ein geeignetes Verhältnis NO:NO₂.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung eines verbesserten Verfahrens zur Entfernung von Stickstoff- und Schwefeloxiden aus Abgasen, mit dem auf einfache und wirtschaftliche Weise Stickstoff- und Schwefeloxide gleichzeitig entfernt werden können, ohne daß dafür Chemikalien eingesetzt werden müssen und ohne daß in der Folge die Umwelt belastende Reaktionsprodukte in die Atmosphäre ausgestoßen werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Technologie aufzufinden, womit Stickstoff- und Schwefeloxide auf einfache, wirtschaftliche und umweltfreundliche Weise aus den Rauchgasen von Kraftwerken entfernt werden können.

Es wurde nun gefunden, daß Stickoxid-Schwefelsäure-Systeme mit einem Reaktionsraumbedarf kleiner als 25 m³ pro Nm³/s Rauchgas betrieben werden können, wenn mehr als die Hälfte vom Stickoxidgehalt des in das Verfahren eingeleiteten Abgases absorbiert und die stickoxidhaltige Flüssigkeit anschließend einer Desorption unterworfen wird, worauf

a) das freigesetzte Stickoxid mit einem sauerstoffhaltigen Gas zu einem relativ an Stickoxid und Sauerstoff reichen Gas vermischt wird, in welchem sich Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, und das entstandene Stickstoffdioxid und/oder daraus hergestellte Salpetersäure sowie ein Restgehalt an Stickstoffmonoxid in den Hauptstrom des zu behandelnden Abgases eingeführt wird, wobei die in das System eingebrachten Molmengen an vier- und fünfwertigen Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen größer sind als die daneben eingebrachte Molmenge Stickstoffmonoxid, und

b) die mindestens teilweise von Stickoxiden befreite Flüssigkeit oder deren Hauptmenge nach Durchlaufen der Desorptionsanlage in einen oder mehrere der Gasbehandlungstürme des Hauptabgasstromes zurückgeführt wird. Man kann die teilweise oder ganz von Stickstoffverbindungen befreite Säure in die ersten Türme des Systems leiten oder auch zur Gänze oder z. T. in einen der NO_x-Absorptionstürme (oder auch in mehrere NO_x-Absorptionstürme) am Ende des Systems. Beide Arten der Rückführung der Flüssigkeit können miteinander kombiniert werden.

Weil die Säure zum Zwecke der NO_x-Desorption erhitzt und/oder durch Wasser oder schwächere Säure verdünnt wurde, ist es zweckmäßig, eine Säurekonzentrierung und/oder eine Säurekühlung vorzunehmen, bevor die denitrierte oder teilweise denitrierte Säure in einen NO_x-Absorptionsturm gelangt.

Bei der Behandlung des Abgasstromes wird vor der SO₂-Absorption Salpetersäure in den Kreislauf der Denitrierung oder der SO₂-Absorption in einer solchen Menge zugegeben, daß sich für die NO_x-Absorption ein optimales NO:NO₂-Verhältnis einstellt. Diese Maßnahme ist nicht neu, und sie wird z. B. in der US-PS 4 242 321 erläutert.

Es wurde des weiteren gefunden, daß man überraschend gute Absorptionsleistungen erzielt und bei relativ hohen Nitrose-Konzentrationen in der Absorptions-Säure arbeiten kann, wenn man die Absorption bei Temperaturen unter 30°C betreibt. Es lohnt sich der Einsatz von Wärmepumpen (Kühlaggregate), um eine Kühlsole zu erzeugen, welche im indirekten Wärmeaustausch die Temperatur der Kreislaufsäure vorzugsweise auf Werte unter 20, 15 oder sogar 10°C absenkt. Diese Maßnahme erwies sich als wesentlich kostengünstiger als eine übermäßige Vergrößerung des Absorptionsraumes. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Erfindung gegenüber bekannten Verfahren ist das Arbeiten mit tiefen Säurekonzentrationen in der Denitrierung. Dank einer Konzentration von unter 73% Schwefelsäure oder sogar 70%, wird es möglich, auch mit der geringen SO₂-Konzentration von Kraftwerksrauchgasen eine ausreichende Säuredenitrierung herbeizuführen. Der im Hauptgasstrom eingesetzte Denitrierturm wird dabei vorteilhaft im Gleichstrom zwischen Gas und Säure betrieben.

Die Ablaufsäure der Grobdenitrierung im Hauptgasstrom kann einer indirekten Erhitzung und einer Feindenitrierung in einem Turm unterworfen werden, welcher von einem Teilstrom des Schwefeldioxids durchströmt wird.

Es besteht die Möglichkeit, die gesamte Säuredenitrierung außerhalb des Hauptgasstromes durchzuführen und einen Luftstrom und/oder einen SO₂-haltigen Teilgasstrom durch den Denitrierapparat zu leiten. Erforderlichenfalls kann der Luftstrom oder SO₂-Gasstrom erhitzt werden, um das Austreiben der Stickoxide zu beschleunigen.

Es ist bekannt, daß der Dampfdruck der in der Schwefelsäure als Nitrosylschwefelsäure gelösten Stickoxide durch Zugabe von Salpetersäure stark erhöht wird. Man kann also erforderlichenfalls die Säuredenitrierung durch Zusatz von Salpetersäure wesentlich beschleunigen. Die hierfür erforderliche Salpetersäure entsteht im Verfahren gemäß der Erfindung aus Stickoxiden und kehrt aus dem Denitrationsapparat in Form von Stickoxiden in den Prozeß zurück.

Bevor die denitrierte Säure in die NO_x -Absorption gelangt, wird sie in einem Konzentrierturm auf die für eine gute Absorption notwendige Konzentration gebracht (73 bis 76% H_2SO_4). Die heiße, aus dem Konzentrierturm stammende Säure kann vorteilhaft zur Erhitzung des kalten Austrittsgases der NO_x -Absorption herangezogen werden.

Die angewärmten Gase mit sehr geringer relativer Luftfeuchtigkeit können einem gemauerten Kamin zugeleitet werden, ohne das Risiko eines Feuchtwerdens desselben.

Die Vorteile der Erfindung gegenüber bekannten Stickoxid-Schwefelsäure-Verfahren werden um so bedeutender, je tiefere SO_2 - und je höhere NO -Konzentrationen das zu reinigende Abgas aufweist. Vorzugsweise sollte der SO_2 -Gehalt unter 0,8 Vol.-% und der NO_x -Gehalt über 100 ppm liegen.

Im Gegensatz zum bekannten Stand der Technik fallen beim Verfahren gemäß der Erfindung die Betriebskosten mit steigenden NO_x -Gehalten der Rauchgase. Es erübrigen sich also irgendwelche verbrennungstechnische Maßnahmen zur Verminderung der NO_x -Bildung.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Beispiel näher erläutert. In der beiliegenden Zeichnung zeigen:

Fig. 1: die Behandlung des Abgasstromes in hintereinander geschalteten Gaswaschtürmen,

Fig. 2: die Behandlung des Säurevorlaufs,

Fig. 3: die Behandlung des Säurerücklaufs.

Fig. 1 zeigt die Behandlung des Abgasstromes in den hintereinander geschalteten Gaswaschtürmen mit folgenden Funktionen: Gaskühlung, Säure-Denitrierung, SO_2 -Absorption, NO_x -Absorption 1, NO_x -Absorption 2 und Reingas-Erhitzung.

Die Gehalte an SO_2 , NO_x , H_2O und die Gastemperatur vor bzw. nach den Behandlungsstufen zeigt die folgende Tabelle:

Konzentrationen und Temperaturen des Gasstromes	SO_2 g/Nm ³	NO_x (als NO_2) g/Nm ³	H_2O g/Nm ³	°C
vor Gaskühlung	12,6	1,43	125	130
nach Gaskühlung	12,5	1,43	30	26
nach Denitrierung	6	22	8	38
nach SO_2 -Absorption	1	20	5	25
nach NO_x -Absorption 1	0,5	4,5	0,1	10
nach NO_x -Absorption 2	0,1	0,2	0,1	7
nach Reingas-Erhitzung	0,1	0,2	3	60

Jeder Behandlungsraum ist mit einem Säurekreislauf ausgestattet, welcher durch Pumpen 4 umgewälzt wird. Mit 1 ist der Rohgaseintritt und mit 9 der Gasförderventilator bezeichnet. 2 sind die Verbindungsleitungen zwischen den Gasbehandlungstürmen und 3 ist der Reingasaustritt. Alle Gasbehandlungsräume enthalten Füllkörperschichten 5. Wie in Figur 1 dargestellt, sind einzelne Säurebehandlungsstufen mit Säurekühlern 6 ausgestattet, um die Säuretemperaturen auf die in der voranstehenden Tabelle genannten Gastemperaturen abzusinken. Mit 7 sind die Säureverdünnungsvorrichtungen in den Gasbehandlungsräumen gekennzeichnet.

Die Säuresümpfe im Unterteil der Türme sind mit 8 bezeichnet. Die Füllkörper in den Füllkörperschichten 5 haben eine Oberfläche von mehr als 300 m²/m³. Der Bedarf an Reaktionsraum pro 1 Nm³/s Gas ist für die Denitrierung kleiner als 3 m³, für die SO_2 -Absorption kleiner als 4 m³, für die NO_x -Absorption 1 kleiner als 4 m³, für die NO_x -Absorption 2 kleiner als 12 m³ und für die Reingaserhitzung kleiner als 1,5 m³.

Wie bei jedem Stickoxid-Schwefelsäure-System findet zwischen der Säure-Denitrierung und der NO_x -Absorption ein Säureaustausch statt. Die von der Nitrose befreite Säure, welche in die NO_x -Absorption fließt, wird als „Rücklauf“ bezeichnet, während die mit NO_x beladene Säure „Vorlauf“ genannt wird. Die in der SO_2 -Absorption kontinuierlich gebildete Menge an Schwefelsäure wird dem Vorlauf zugemischt.

Dank der starken Kühlung bei der NO_x -Absorption werden hohe Konzentrationen an Nitrose in der Säure erreicht. Ausgedrückt in HNO_3 -Äquivalenten beträgt der Nitrose-Gehalt des Vorlaufes mehr als 200 g HNO_3 /Liter. Dank dieser hohen Konzentration kann mit geringen Vorlauf- bzw. Rücklaufmengen gearbeitet werden. Im erläuterten Ausführungsbeispiel genügen Mengen von weniger als 500 g/Nm³ zu verarbeitendes Abgas.

Die tiefen Temperaturen im gesamten Behandlungsraum des Hauptgasstromes vereinfachen das Problem einer Auswahl geeigneter Werkstoffe. Es gibt im gesamten Bereich der großen Behandlungsräume zwischen Gaskühlung und Reingaserhitzung keine Temperaturen höher als 40 °C.

Figur 2 erläutert die Behandlung des Säurevorlaufs. Im Erhitzer 20 wird die Vorlaufsäure auf eine Temperatur von ca. 60°C erhitzt und dem NO_x-Stripper 22 zugeleitet. Durch diesen NO_x-Stripper 22 wird mittels der Leitung 41 und dem Ventilator 21 Abluft aus der Säurerücklauf-Behandlung geleitet. Es handelt sich im wesentlichen um schwach verunreinigte Luft, welche sich im Stripper 22 mit NO_x anreichert. Im Oxidationsraum 24a geht die Hauptmenge des NO in NO₂ über. Die Gase gelangen anschließend in den HNO₃-Absorber 25, welcher mit einer Kreislaufpumpe 26 und einem Säurekühler 27 ausgestattet ist. Die Leitung 28a dient dazu, HNO₃ in die Denitrierung einzuführen.

Die Leitung 28b dient zum Wegleiten des produzierten HNO₃-Überschusses. Die NO_x-Austrittsgase des HNO₃-Absorbers gelangen in den Oxidationsraum 24b. Über die Leitung 29 gelangt der Gasstrom, welcher mehr NO₂ als NO enthält, in die Säuredenitrierung.

Fig. 3 dient zur Erläuterung der Behandlung des Säurerücklaufs.

Der aus der Denitrierung stammende Säurerücklauf gelangt in den Erhitzer 30, wo er auf 80°C erhitzt wird, und durchströmt anschließend den Feindenitrierturm 32. Die Leitungen 31a und 13b dienen zur Spülung dieses Turmes mit SO₂-haltigem Gas. Es genügt, ca. 5% der gesamten Abgasmenge durch diesen Turm zu leiten.

Anschließend gelangt der Säurerücklauf in den SO₂-Stripper 33 und danach in den Kreislauf des Konzentrierturms 34. Mit 39 ist die Umlaufpumpe des Konzentrierturms und mit 35 der Säureerhitzer bezeichnet. Die auf ca. 75% H₂SO₄ konzentrierte Säure gelangt über die Leitung 36 in den Kreislauf der Reingaserhitzung. Die wasserdampfhaltige Luft aus dem Konzentrierturm 34 gelangt über die Leitung 37 in den Brüdenkondensator 38. Dieser Kondensator 38 hat einen Säurekreislauf mit dem Kühler 40. Durch die Leitung 42 wird kontinuierlich anfallendes Kondensat abgeleitet. Die getrocknete Luft dient als Strippluft im SO₂-Stripper 33, bevor sie über die Leitung 41 auf die Saugseite des Ventilators 21 geführt wird (siehe Fig. 2).

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zur Verfügung gestellt, welches es ermöglicht, die Stickstoff- und Schwefeloxide aus Abgasen gleichzeitig zu entfernen, ohne dazu Kalk, Natronlauge, Ammoniak oder andere Chemikalien zu verwenden.

Die abgeschiedenen Stickoxide dienen als Katalysator zur Oxidation des Schwefeldioxids mittels sauerstoffhaltigem Gas, vorzugsweise Luftsauerstoff. Aus den Schadstoffen entstehen letzten Endes verwertbare Salpetersäure und Schwefelsäure. Zur Erläuterung der Vorzüge des Verfahrens wird als Beispiel die Reinigung der Rauchgase eines Kraftwerkes herangezogen, welches salzhaltige Braunkohle mit einem Heizwert größer als 4500 Kcal/kg als Brennstoff verwendet.

Es wird angenommen, daß das Kraftwerk folgendes Rauchgas verursacht, wobei x in NO_x die Zahlen 1 und 2 bedeutet:

Rauchgasmenge	1 Mio Nm ³ pro Stunde
Gehalt an NO _x (berechnet als NO ₂)	1,43 g/Nm ³ (ca. 700 ppm)
Gehalt an SO ₂	12,6 g/Nm ³ (ca. 4300 ppm).

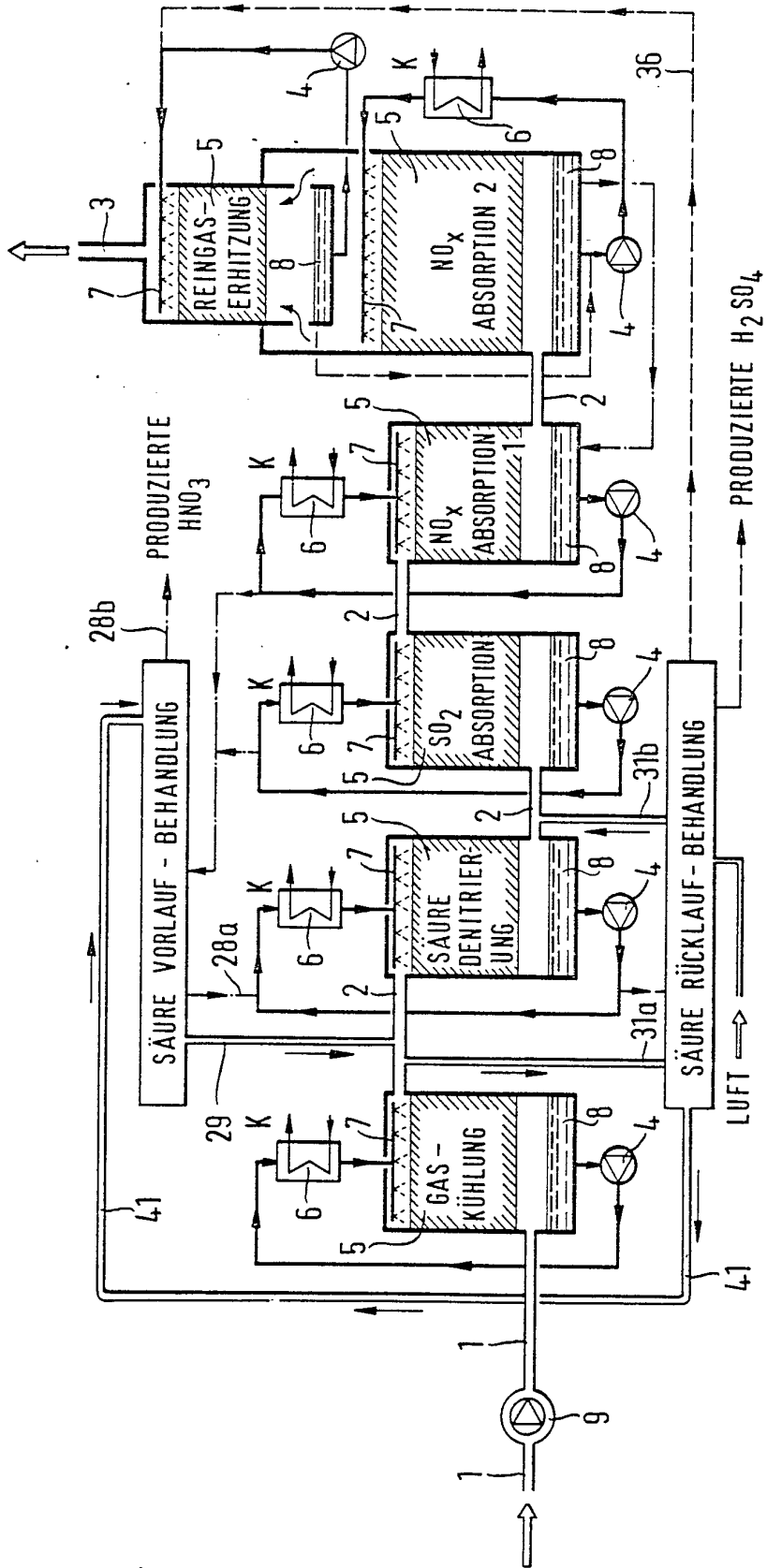
Im folgenden wird unter ppm-Gehalten immer Volumenteile pro Million Volumeneinheiten verstanden.

Die Erfindung ermöglicht eine Absenkung der Schadgase auf Werte kleiner als

SO ₂	0,1 g/Nm ³ (ca. 34 ppm)
NO _x	0,2 g/Nm ³ (ca. 100 ppm).

Unter der Voraussetzung, daß ein Kühlwasser verfügbar ist, dessen Temperatur im Jahresmittel 15°C aufweist, ergibt sich folgender Betriebsmittelbedarf für die Rauchgasreinigung:

elektrische Energie:	unter 3% der im Kraftwerk produzierten Energie,
Wärmebedarf für die Säure-Konzentrierung	entsprechend einem Verbrauch von weniger als 2%
im Verfahrensverlauf:	der im Kraftwerk verbrannten Kohle
Wenn die gemäß der Erfindung erzeugte Salpetersäure (Konzentration höher als 30%) und Schwefelsäure (Konzentration höher als 75%) z. B. in einem Düngemittelwerk verwertet werden können, deckt der Wert der produzierten Säuren die Kosten der oben genannten Betriebsmittel. Der Investitionsaufwand für ein Verfahren gemäß der Erfindung liegt unter einem Viertel des Investitionsaufwandes für das Kraftwerk.	



HER-1

GAS-LEITUNGEN
 SAURE-KREISLÄUFE
 SAURE-RÜCKLAUF
 SAURE-VORLAUF
 K = KÜHLEN

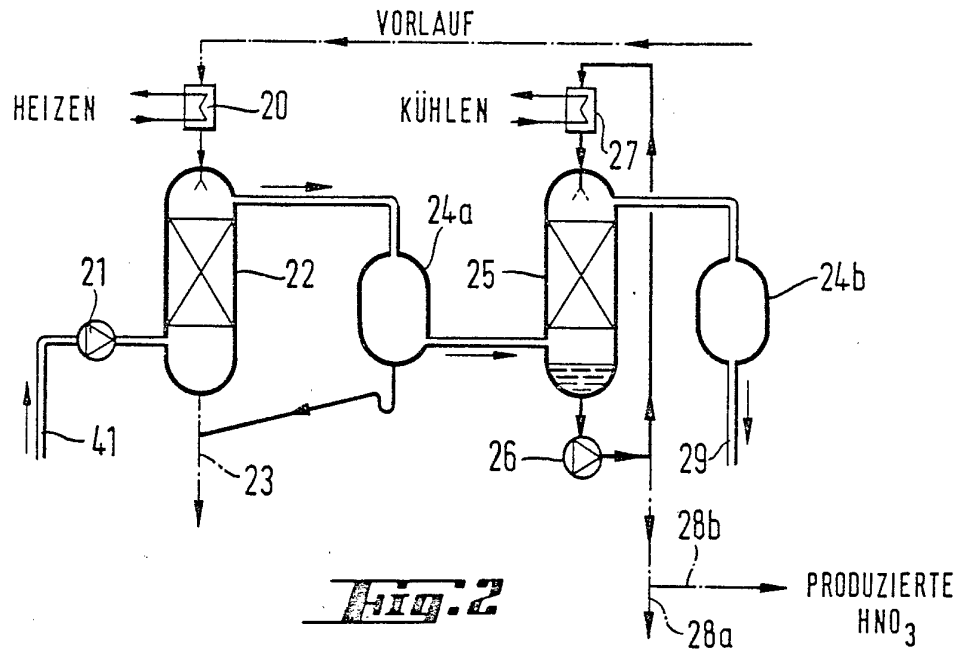


Fig. 2

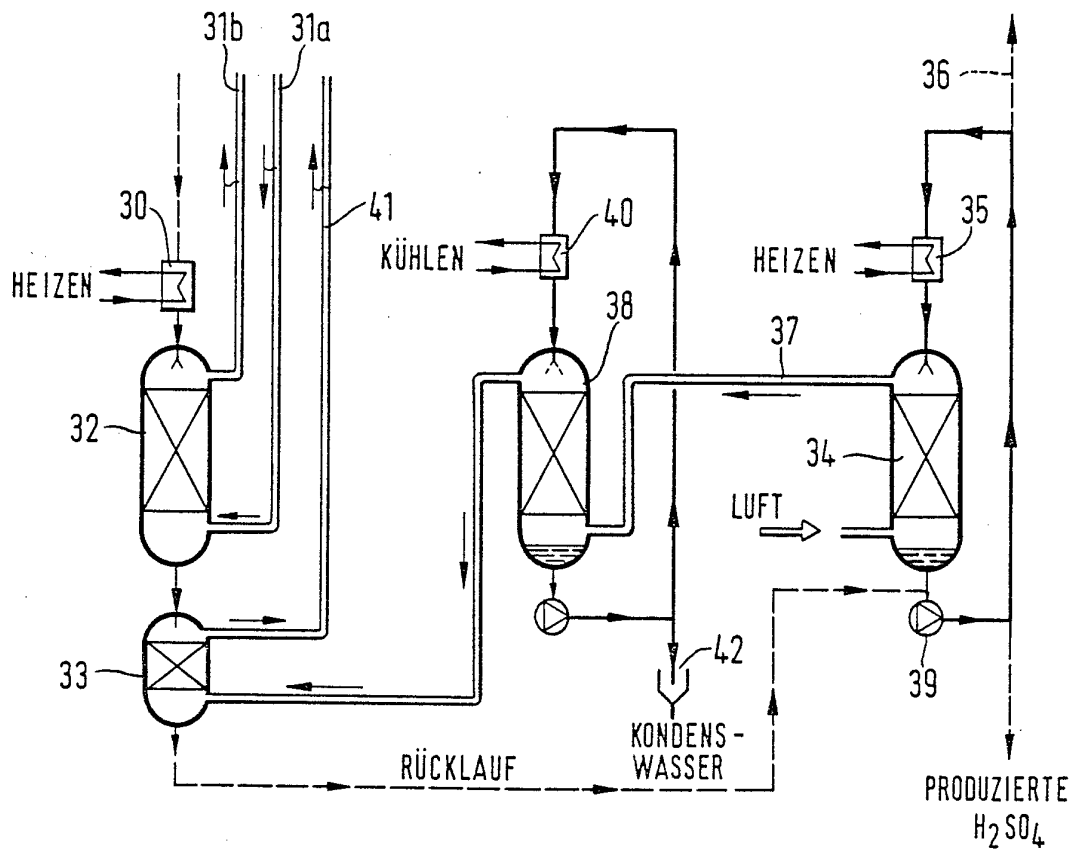


Fig. 3