

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1385/94

(22) Anmeldetag: 13. 7.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1998

(45) Ausgabetag: 26. 7.1999

(51) Int.Cl.⁶ : **B01D 51/00**
B01D 47/00, 53/00, 53/34, 53/50,
F28D 7/06, F23J 15/04

(30) Priorität:

2. 3.1994 DE 4406772 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

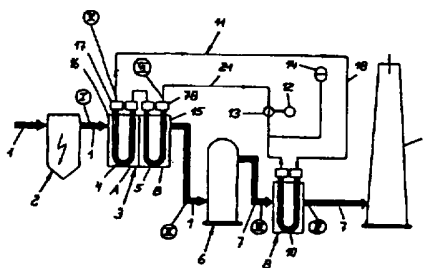
DE 3314183C2 DE 3346691A1 EP 254362A1 WO 87/07701A1

(73) Patentinhaber:

GEA LUFTKÜHLER GMBH
D-44809 BOCHUM (DE).

(54) **VERFAHREN ZUR KÜHLUNG VON SCHADSTOFFBELADENEM HEISSEM ROHGAS UND ANORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

(57) Die Anordnung umfaßt einen Rohgaskühler (3) in Strömungsrichtung des Rohgasstroms (1) zwischen einem Elektrofilter (2) und einem dem Rohgas Schwefel entziehenden Gaswäscher (6). Zwischen dem Gaswäscher (6) und einem Kamin (9) ist in den Reingasstrom (7) ein Reingaserhitzer (8) eingegliedert. Rohgaskühler (3) und Reingaserhitzer (8) sind über ein im geschlossenen Kreislauf (11) geführtes Kühlfluid miteinander gekoppelt. Die Größe der Wärme übertragenden Flächen im Rohgaskühler (3) ist derart in Relation zur Menge und zur Geschwindigkeit des Rohgases bemessen, daß das im indirekten Gegenstrom zum Kühlfluid geführte Rohgas in jedem Bereich des Rohgaskühlers (3) eine auf oder oberhalb der durch die spezifische Taupunktkurve im SO_3/C Temperatur-Diagramm liegende Temperatur besitzt. Auf diese Weise können die Bildung von Schwefelsäure-Aerosolen verhindert bzw. entstandene Schwefelsäure-Aerosole aus dem Rohgas abgeschieden werden.



Die Erfindung betrifft einerseits ein Verfahren zur Kühlung von schadstoffbeladenem heißem Rohgas gemäß den Merkmalen im Oberbegriff des Anspruchs 1.

Andererseits richtet sich die Erfindung auf eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens entsprechend den Merkmalen im Oberbegriff des Anspruchs 2.

5 Bei der Verfeinerung schwefelhaltiger Brennstoffe entsteht neben Schwefeldioxid (SO_2) in einem geringen Umfang auch Schwefeltrioxid (SO_3). Schwefeltrioxid taut in einem wasserdampfhaltigen Milieu bei Unterschreiten einer primär von der SO_3 -Konzentration und dem Wasserdampfgehalt abhängigen Temperatur als Schwefelsäure (H_2SO_4) aus (Taupunkttemperatur).

10 Schwefelsäure-Aerosolen beladenen Abgasfahne mit der Immission kleiner Schwefelsäuretröpfchen gerechnet werden, für die in der Atmosphäre nicht in ausreichendem Maße neutralisierende Substanzen angeboten werden. Im Umfeld vom Kaminen, die von mit Schwefelsäure-Aerosol beladenem Rohgas durchströmt werden, ist mithin auch eine Immission größerer schwefelsäurehaltiger Tropfen nicht auszuschließen.

15 Der Erfindung liegt ausgehend von den in den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 2 beschriebenen Merkmalen die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Kühlung von schadstoffbeladenem heißem Rohgas sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit denen es gelingt, ohne merklichen zusätzlichen Eigenenergiebedarf Schwefeltrioxid bzw. Schwefelsäure aus dem Rohgas weitgehend abscheiden und die Bildung von Schwefelsäure-Aerosolen vermeiden zu können.

20 Was den das Verfahren betreffenden Teil dieser Aufgabe anlangt, so besteht dessen Lösung in den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1.

Der Kern des erfindungsgemäßen Gedankens liegt darin, das Rohgas "schonend" zu kühlen, und zwar während es eine Kühlstrecke durchströmt, bevor es in den Gaswäscher eintritt. In der Kühlstrecke wird das Rohgas gezielt so gekühlt, daß es in jedem Längenabschnitt der Kühlstrecke stets eine querschnittsgemittelte Temperatur behält, welche die durch den Wasserdampf und das Schwefeltrioxid bestimmte spezifische Taupunkttemperatur bei in der Praxis noch realistischen baulichen Abmessungen der Kühlstrecke berücksichtigt. Die Temperatur des Rohgases sinkt also an keiner Stelle unter eine die Aerosolbildung auf Dauer auslösende Temperatur. Diese bewußte Temperaturführung des Rohgases beim Durchströmen der Kühlstrecke erlaubt es auf der einen Seite, SO_3 bzw. H_2SO_4 sicher aus dem Rohgas abzuscheiden und auf der anderen Seite aber die Bildung von H_2SO_4 -Aerosolen zu vermeiden. Gleichzeitig wird aufgrund der geringen Druckverluste keine oder nur eine geringe zusätzliche Eigenenergie benötigt und außerdem zusätzliche Nutzwärme gewonnen.

30 Die Kühlung des Rohgases kann gemäß einer oberhalb der Sättigungskurve permanent abfallenden Temperaturkurve durchgeführt werden. Denkbar ist aber auch ein Verfahren, bei welchem beim Erreichen oder beim kurzzeitigen Unterschreiten der Sättigungskurve das Rohgas um einen bestimmten Betrag wieder aufgeheizt wird (Sägezahnkurve). Dies kann während des Kühlprozesses ggf. mehrfach erfolgen. Als Wärmeenergie zur Zwischenaufheizung kann ein Teil der zuvor ausgekoppelten Wärme und/oder der Fremdenergie genutzt werden.

40 Nach Anspruch 2 ist es von Bedeutung, daß in der Kühlstrecke das Rohgas im Gegenstrom zu einem Kühlfluid, wie z.B. Wasser, geführt wird, das die Wärme von dem Rohgas aufnimmt und entweder an einen von Schwefeldioxid weitgehend befreiten Reingasstrom oder an einen externen Nutzwärmeverbraucher, wie z.B. eine Fernwärmeheizschiene, abgibt.

Die Lösung des gegenständlichen Teils der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe wird in den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 3 gesehen.

45 Demnach wird der Rohgaskühler so gestaltet, daß das als Speichermasse wirksame und im geschlossenen Kreislauf strömende Kühlfluid Temperaturen annimmt, die im Rohgaskühler Oberflächentemperaturen erzeugen, die an keiner Stelle unter dem zu erwartenden $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ -Säuretaupunkt liegen. Dies wird dadurch erreicht, daß bei jedem Kontakt des Rohgases mit dem Kühlfluid (indirekter Kontakt) eine nur geringe Temperaturdifferenz vorhanden ist. Diese gewährleistet auf der einen Seite zwar den notwendigen und gewünschten Wärmeübergang vom Rohgas auf das Kühlfluid, vermeidet jedoch auf der anderen Seite, daß durch eine zu tiefe Kühlung an den Oberflächen des Rohgaskühlers Randtemperaturzonen produziert werden, in denen sich Kondensatkeime bilden können, die dann in den dem Rohgaskühler nachgeschalteten Kraftwerkskomponenten (z.B. Rauchgasentschwefelung, Wiederaufheizung) nicht ausgeschieden werden, somit im Gas verbleiben und dadurch letztlich in die Umgebung gelangen können.

55 Ein möglichst langer Kontakt des Rohgases mit dem Kühlfluid bei geringen Relativtemperaturen in den verschiedenen Bereichen des Rohgaskühlers wird mit den Merkmalen des Anspruchs 4 erzielt. Mithin wird ein typischer Gegenstrom-Rohgaskühler geschaffen, der mit von dem Kühlfluid durchströmten und von dem Rohgas angeströmten Rohren, Schläuchen oder Platten versehen sein kann.

In diesem Zusammenhang besteht eine vorteilhafte Ausführungsform in den Merkmalen des Anspruchs 5. Diese Rohrschlangen werden im Bereich des Austritts des Rohrgases aus dem Rohgaskühler mit dem Kühlfluid beaufschlagt. Das Kühlfluid durchströmt die Rohrschlangen im Gegenstrom zum Rohgas und verläßt den Rohgaskühler am Eintritt des Rohrgases in denselben. Folglich wird die schonende Kühlung des Rohrgases dadurch unterstützt, daß in dem zuerst von dem Rohgas durchströmten Bereich des Rohgaskühlers dieser mit dem schon aufgeheizten Kühlfluid beaufschlagt wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform eines Rohgaskühlers ist in den Merkmalen des Anspruchs 6 gekennzeichnet. Danach setzt sich der Rohgaskühler aus mehreren in Strömungsrichtung des Rohrgases hintereinander angeordneten Sektionen mit jeweils U-förmigen Rohr- oder Schlauchbündeln zusammen. Insbesondere bei der Ausgestaltung mit Schläuchen sind diese aus einem Vollkunststoff, wie Perfluoralkoxid (PFA) gebildet. Je nach der Temperatur des zu kühlenden Rohrgases sowie den Anteilen an Wasserdampf und Schwefeltrioxid kann, durch eine entsprechende Schaltung von mehreren Sektionen eine auf mehrere Stufen verteilte sanfte Abkühlung des Rohrgases erzielt werden, ohne daß die Temperatur des Rohrgases während des Kühlvorgangs unter die Sättigungskurve im SO_3 /°C Temperatur-Diagramm in das Aerosolgebiet sinkt.

Die Erfindung sieht grundlegend eine Vergrößerung des Rohgaskühlers vor. Zur Reduzierung des Druckverlustes sind dann auch größere Anströmquerschnitte wünschenswert. In diesem Zusammenhang kann es gemäß Anspruch 7 von Vorteil sein, den Rohgaskühler in den Austrittsbereich eines dem Gaswäscher im Rohgasstrom vorgeschalteten Elektrofilters zu integrieren. Hierbei kann den hintereinander liegenden Feldern des Elektrofilters zur Flugstaubabscheidung mindestens ein weiteres Feld zur Abkühlung des Rohrgases und zur Schwefelsäureabscheidung direkt, d.h. ohne ein Kanalz Zwischenstück angehängt werden. Damit entfallen ein Rauchgaskanal zwischen dem Elektrofilter und dem Rohgaskühler sowie die an- und abströmseitigen Hauben des Rohgaskühlers. Der Druckverlust des Rohrgases (Eigenenergiebedarf) wird durch die Vereinfachung der Kanalführung sowie durch die Verringerung der Durchströmungsgeschwindigkeit des Rohgaskühlers wesentlich reduziert. Die Zuströmbedingungen zum Rohgaskühler werden signifikant verbessert.

Um auch das unterschiedliche Lastverhalten einer schwefelhaltige Brennstoffe verfeuernden Anlage, z.B. eines Kraftwerks, und die daraus resultierenden Temperaturabweichungen im Rohgas zu berücksichtigen, ist es entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 8 sinnvoll, die an den Rohgaskühler angeschlossenen Vorlauf- und Rücklaufstränge für das Kühlfluid über ein in den Rücklaufstrang eingegliedertes Mischventil sowie einen Bypass miteinander zu verbinden. Die Vorlauf- und Rücklaufstränge können sowohl mit einem Reingaserhitzer hinter dem Gaswäscher als auch zumindest indirekt mit einem externen Nutzwärmeverbraucher, beispielsweise einer Heizschiene, verbunden sein.

In diesem Zusammenhang wird eine sinnvolle Ausführungsform der Erfindung in den Merkmalen des Anspruchs 9 erblickt. Unabhängig davon, ob der Rohgaskühler zwischen einem Elektrofilter und einem Gaswäscher angeordnet oder direkt in den Elektrofilter integriert ist, erfolgt eine Wärmeverschiebung von dem Rohgaskühler über den Gaswäscher hinweg zu dem dem Gaswäscher nachgeschalteten Reingaserhitzer im Reingasstrom.

Durch die Integration eines Reingaserhitzers unmittelbar in den Gaswäscher oder in dessen Austrittsbereich (Anspruch 10) können wie bei der Integration des Rohgaskühlers in einen Elektrofilter die Anlagekosten verringert, die Zuströmbedingungen zum Reingaserhitzer verbessert sowie ein geringerer Druckverlust erreicht werden. Eine optimale Tropfenabscheidung kann noch durch die Anordnung eines Tropfenabscheiders vor dem Reingaserhitzer erzielt werden.

Wie bereits angedeutet ist es entsprechend Anspruch 11 auch möglich, daß der Rohgaskühler über das im geschlossenen Kreislauf geführte Kühlfluid mit einem externen Nutzwärmeabnehmer, wie beispielsweise einer Heizschiene, gekoppelt ist. Auch eine parallele Kopplung des Rohgaskühlers mit einem Reingaserhitzer sowie einem externen Nutzwärmeverbraucher über voneinander getrennte Kühlkreisläufe ist erfindungsgemäß denkbar.

Entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 12 sieht die Erfindung vor, die Rohr- oder Schlauchbündel der Sektionen des Rohgaskühlers in Strömungsrichtung des Rohrgases in Reihe zu schalten. Dabei durchströmt das Kühlfluid nacheinander die einzelnen Sektionen im Gegenstrom zum Rohgas vom Austrittsbereich des Rohgaskühlers bis zu dessen Eintrittsbereich.

Die Merkmale des Anspruchs 13 werden bevorzugt dann angewendet, wenn das zu Kühlende Rohgas mit extrem hohen SO_3 -Raten behaftet ist. Auf diese Weise kann nach der Rohgaskühlung ein Teil der dabei gewonnenen Energie genutzt werden, um noch im Rohgaskühler das Rohgas wieder so weit über die Schwefelsäuretaupunkttemperatur anzuheben, daß auch im Bereich von evtl. Kältebrücken in der Verbindung zur Rauchgasentschwefelungsanlage (Gaswäscher) eine Taupunktunterschreitung ausgeschlossen ist. Die Heizstufen (Sektionen) können Bestandteil eines in den Reingasstrom nach einem Gaswäscher

integrierten Reingaserhitzers bilden. Das Wärme aufnehmende Fluid ist dann das Reingas. Sie können aber auch in eine Fernheizleitung eingegliedert sein.

Damit in diesem Zusammenhang jegliche Schwefelsäure-Aerosole verdampft werden, kann gemäß Anspruch 14 mindestens die in Strömungsrichtung des Rohgases letzte Sektion des Rohgaskühlers an denjenigen Kühlfluid-Kreislauf angeschlossen sein, der die in Strömungsrichtung des Rohgases erste Sektion an die zweite Heizstufe koppelt.

Auch die Ausführungsform gemäß den Merkmalen des Anspruchs 15 erlaubt es, die Temperatur des Rohgases im Rohgaskühler auch bei extrem hohen SO_3 -Raten stets oberhalb der Sättigungskurve zu halten.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform wird in den Merkmalen des Anspruchs 16 gesehen. Diese Ausgestaltung bewirkt ebenfalls eine schonende Abkühlung des Rohgases mit einer besseren SO_3 -Abscheidung und einer Reduzierung der Aerosolbildung.

Schließlich besteht eine mögliche Ausführungsform in den Merkmalen des Anspruchs 17. In diesem Fall erfolgt durch eine Kombination von Wärmerückgewinnung und Wärmeeinsatz die SO_3 -Abscheidung ohne Aerosolbildung.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Figuren 1 bis 8 in Schema verschiedene Anordnungen zur Kühlung von schadstoffbeladenem heißem Rohgas;
Figur 9 im vertikalen Längsschnitt eine weitere Ausführungsform eines Rohgaskühlers und
Figuren 10 und 11 zwei SO_3 -°C Temperatur-Diagramme.

In der Figur 1 ist mit 1 ein Rohgasstrom bezeichnet, der aus einer nicht näher dargestellten schwefelhaltige Brennstoffe verfeuernden Anlage stammt.

Der Rohgasstrom 1 wird zur Abscheidung von Staub durch einen Elektrofilter 2 geleitet, aus dem der Rohgasstrom 1 mit einer Temperatur von etwa 170 °C in einen Rohgaskühler 3 übertritt. Der Rohgaskühler 3 besteht aus zwei in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Sektionen A, B mit U-förmigen Schlauchbündeln 4, 5 aus Perfluralkoxid.

Im Rohgaskühler 3 wird das Rohgas durch ein aus Wasser bestehendes Kühlfluid gekühlt, so daß das Rohgas aus dem Rohgaskühler 3 mit einer Temperatur von etwa 135 °C austritt und mit dieser Temperatur in einen Gaswäscher 6 (Rauchgasentschwefelungsanlage) zwecks Abscheidung von Schwefel überführt wird.

Den Gaswäscher 6 verläßt ein Reingasstrom 7 mit einer Temperatur von etwa 55 °C. Der Reingasstrom 7 wird in einen Reingaserhitzer 8 geleitet und in diesem durch das im Rohgaskühler 3 erwärmte Wasser auf eine Temperatur von etwa 85 °C gebracht. Mit dieser Temperatur tritt das Reingas in einen Kamin 9 ein und über den Kamin 9 in die Atmosphäre aus.

Der Reingaserhitzer 8 weist beim Ausführungsbeispiel der Figur 1 U-förmige Schlauchbündel 10 aus Perfluralkoxid auf.

Das zur Kühlung des Rohgases dienende Wasser wird im geschlossenen Kreislauf 11 zwischen dem Rohgaskühler 3 und dem Reingaserhitzer 8 geführt. Zu diesem Zweck ist in den Kreislauf 11 eine durch einen E-Motor 12 angetriebene Pumpe 13 eingegliedert. Ferner ist an den Kreislauf 11 ein Ausgleichsspeicher 14 angeschlossen.

Das Wasser wird im Austrittsbereich 15 des Rohgases aus dem Rohgaskühler 3 bei 78 in die Schlauchbündel 5 der austrittsseitigen Sektion B geleitet und durchströmt die Schlauchbündel 4, 5 der in Reihe geschalteten Sektionen A, B im Gegenstrom zum Rohgas. Im Eintrittsbereich 16 des Rohgases in den Rohgaskühler 3 liegt der Austritt 17 des Wassers. Dieses Wasser wird über den Kreislauf 11 wieder zum Reingaserhitzer 8 geführt.

Die Ausführungsform der Figur 2 unterscheidet sich von derjenigen der Figur 1 dadurch, daß in den Rücklaufstrang 18 des Kreislaufs 11 zwischen dem Rohgaskühler 3 und dem Reingaserhitzer 8 ein Mischventil 19 eingegliedert und dieses Mischventil 19 über einen Bypass 20 mit dem Vorlaufstrang 21 verbunden ist. Über das Mischventil 19 kann einem unterschiedlichen Lastverhalten der das Rohgas erzeugenden Anlage Rechnung getragen werden.

Im Falle der Ausführungsform der Figur 3 ist im Unterschied zu den Ausführungsformen der Figuren 1 und 2 der Rohgaskühler 3 in den Austrittsbereich 22 des Elektrofilters 2 integriert. Auch diese Anordnung kann mit einem Mischventil 19 und einem Bypass 20 gemäß Figur 2 versehen sein.

Bei der Ausführungsform der Figur 4 ist der Reingaserhitzer 8 in den Austrittsbereich 23 des Gaswäschers 6 eingegliedert. Auch in diesem Fall kann der Kreislauf 11 wie derjenige der Figur 1 oder der Figur 2 ausgebildet sein.

Die Ausführungsform der Figur 5 sieht die Kopplung eines in Strömungsrichtung des Rohgases aus drei hintereinander geschalteten Sektionen C, D, E bestehenden Rohgaskühlers 3a mit dem Reingaserhitzer 8 im Reingasstrom 7 hinter dem Gaswäscher 6 vor, bei welchem der an den Austritt 36 der Schlauchbündel 10 des Reingaserhitzers 8 gekoppelte Vorlaufstrang 24 des Kreislaufs 11a mit dem Eintritt 25 der Schlauchbündel 26 in der mittleren Sektion D verbunden ist. Der Austritt 27 der Schlauchbündel 26 ist in Reihe an den in Strömungsrichtung des Rohgases vorne liegenden Eintritt 28 der Schlauchbündel 29 angeschlossen. Der in Strömungsrichtung des Rohgases hinten liegende Austritt 30 der Schlauchbündel 29 der ersten Sektion C ist an den in Strömungsrichtung des Rohgases vorne liegenden Eintritt 31 der Schlauchbündel 33 der letzten Sektion E angeschlossen. Der in Strömungsrichtung des Rohgases hinten liegende Austritt 32 der Schlauchbündel 33 der letzten Sektion C ist über den Rücklaufstrang 34 mit dem in Richtung des Reingasstroms 7 vorne liegenden Eintritt 35 des dortigen Schlauchbündels 10 gekoppelt.

Der Kreislauf 11a kann gemäß dem Kreislauf 11 der Figur 1 oder entsprechend dem der Figur 2 gestaltet sein.

In der Figur 6 ist eine Ausführungsform veranschaulicht, bei welcher ein vier Sektionen F, G, H, I mit U-förmigen Schlauchbündeln 37-40 aufweisender Rohgaskühler 3b über einen Kreislauf 11b an einen Reingaserhitzer 8 im Reingasstrom 7 nach dem Gaswäscher 6 und über einen weiteren unabhängigen Kreislauf 11c an einen Wärmeübertrager 41 gekoppelt ist, der andererseits von einem Wärme einem nicht näher dargestellten Nutzwärmeverbraucher zuführenden Fluid beaufschlagt wird. Die Anschlüsse für das Fluid am Wärmeübertrager 41 sind mit 42 und 43 bezeichnet.

Es ist zu erkennen, daß die beiden in Strömungsrichtung des Rohgases ersten Sektionen F, G des Rohgaskühlers 3b an den Reingaserhitzer 8 und die beiden letzten Sektionen H, I an den Wärmeübertrager 41 gekoppelt sind. Die beiden Sektionen F, G bzw. H, I jedes Kreislaufs 11b, 11c sind in Reihe geschaltet, wobei jeweils der in Strömungsrichtung des Rohgases vorne liegende Eintritt 46, 47 der Schlauchbündel 38, 40 mit dem Vorlaufstrang 44, 45 des Kreislaufs 11b, 11c und der in Strömungsrichtung des Rohgases hinten liegende Austritt 48, 49 mit dem Rücklaufstrang 50, 51 des Kreislaufs 11b, 11c verbunden ist.

Die Kreisläufe 11b, 11c können entsprechend Figur 1 oder entsprechend Figur 2 ausgebildet sein.

Aus der Figur 7 ist eine Anordnung zu ersehen, die einen drei Sektionen K, L, M mit Schlauchbündeln 52, 53, 54 aufweisenden Rohgaskühler 3c sowie einen zwei Sektionen N, O mit Schlauchbündeln 55, 56 umfassenden Reingaserhitzer 8a im Reingasstrom 7 hinter der Gaswäsche 6 besitzt. Die Schaltung ist hierbei so getroffen, daß die in Strömungsrichtung des Reingas zweite Sektion O des Reingaserhitzers 8a über einen geschlossenen Kreislauf 11d mit der in Strömungsrichtung des Rohgases ersten Sektion K des Rohgaskühlers 3c gekoppelt ist. Ferner ist an diesen Kreislauf 11d die letzte Sektion M gekoppelt.

Die in Strömungsrichtung des Reingas erste Sektion N des Reingaserhitzers 8a ist hingegen über einen geschlossenen Kreislauf 11e mit der mittleren Sektion L des Rohgaskühlers 3c verbunden.

Im Falle der Ausführungsform der Figur 8 ist ein Rohgaskühler 3d vorgesehen, der drei Sektionen P, Q, R, mit Schlauchbündeln 57, 58, 59 aufweist. Der Rohgaskühler 3d ist über einen Kreislauf 11f mit den Schlauchbündeln 10 im Reingaserhitzer 8 hinter dem Gaswäscher 6 gekoppelt. Der Vorlaufstrang 60 des Kreislaufs 11f ist an den in Strömungsrichtung des Rohgases vorne liegenden Eintritt 61 der Schlauchbündel 59 angeschlossen. Der Austritt 62 dieser Schlauchbündel 59 ist an den Eintritt 63 der Schlauchbündel 57 der in Strömungsrichtung des Rohgases ersten Sektion P angeschlossen. Der Austritt 64 der Schlauchbündel 57 ist an den in Strömungsrichtung des Rohgases hinten liegenden Eintritt 65 der Schlauchbündel 58 der Sektion Q angeschlossen. Der Austritt 66 der Schlauchbündel 58 ist mit dem Rücklaufstrang 67 des Kreislaufs 11f verbunden.

Mit einer derartigen Schaltung ist es gemäß Figur 11 möglich, die Temperatur des Rohgases ebenfalls oberhalb der Sättigungskurve 76 im $\text{SO}_3/\text{°C}$ Temperatur-Diagramm zu halten, und zwar durch eine stufenweise Wiederaufheizung.

Der Kreislauf 11f kann wie die Kreisläufe 11 der Figuren 1 und 2 ausgestaltet sein.

Im Falle der Ausführungsformen der Figuren 1 bis 8 sind sowohl die Rohgaskühler 3-3d als auch die Reingaserhitzer 8, 8a stets mit U-förmigen Schlauchbündeln 4, 5, 10, 26, 29, 33, 37-40, 52-59 aus Perfluralkoxid (PFA) versehen.

In der Figur 9 ist eine Ausführungsform veranschaulicht, bei welcher ein Rohgaskühler 3e mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten, ein Kühlfluid führenden und von dem Rohgas umströmten Rohrschlangen 68 ausgerüstet ist. Die Rohrschlangen 68 liegen in der Bildebene nebeneinander. Auch bei dieser Ausführungsform ist sichergestellt, daß der Eintritt 69 des Kühlfluids in den Rohgaskühler 3e im Austrittsbereich 70 des Rohgasstroms 1 aus dem Rohgaskühler 3e und der Austritt 71 des Kühlfluids aus dem Rohgaskühler 3e im Eintrittsbereich 72 des Rohgasstroms 1 in den Rohgaskühler 3e vorgesehen sind. Das Material der Rohrschlangen 68 kann Kunststoff sein.

Selbstverständlich ist es denkbar, daß auch ein Reingaserhitzer 8, 8a derart ausgebildet sein kann. Ferner ist eine Kombination von Wärmeübertragern vorstellbar, die einerseits U-förmige Schlauchbündel und andererseits Rohrschlangen aufweisen.

Die Figur 10 zeigt ein Diagramm, bei welchem auf der Abszisse 73 der SO_3 -Gehalt des Rohgases in mg/m^3 und auf der Ordinate 74 die Temperatur des Rohgases in $^\circ\text{C}$ aufgetragen sind. Desweiteren zieht man im kleinen Rechteckfeld 75 den Temperaturverlauf als Beispiel, bei dem die zur Reingaswiederaufheizung von 56°C auf 85°C erforderliche Wärmeenergie einem Rohgasstrom entnommen wird, der zu Beginn der Gaskühlung etwa 12 Vol% H_2O enthält.

Danach wird durch eine sanfte schonende Kühlung des Rohgases von etwa 170°C auf etwa 135°C sichergestellt, daß die Temperatur des Rohgases immer oberhalb der durch die spezifische Taupunkttemperatur definierten Sättigungskurve 76 (gestrichelte Linienführung) verbleibt und nicht in das darunter liegende Aerosolgebiet 77 absinkt. Bei dem Temperatúraustausch erhöht sich die Wassertemperatur von etwa 115°C auf etwa 150°C und die Temperatur des Reingases im Reingasstrom 7 nach dem Gaswäscher 6 erhöht sich von etwa 56°C auf ca. 85°C . Diese Temperaturpunkte sind in der Figur 1 mit I bis VI im Kreis gekennzeichnet.

Entsprechendes gilt für das Diagramm der Figur 11.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kühlung von schadstoffbeladenem heißem Rohgas vor einer Schwefel aus dem Rohgas beseitigenden Gaswäsche (6), bei welchem das Rohgas während der Durchströmung einer Kühlstrecke (3, 3a-3e) durch ein Wärme abführendes Kühlfluid auf ein niedrigeres Temperaturniveau gebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß in Abhängigkeit von dem jeweiligen Sättigungsgrad des Rohgases in bezug auf Wasserdampf und Schwefeltrioxid (SO_3) das Rohgas in jedem Längenabschnitt der Kühlstrecke (3, 3a-3e) auf einer querschnittsgemittelten Temperatur gehalten wird, die auf oder oberhalb der durch die spezifische Taupunkttemperatur definierten Sättigungskurve (76) im $\text{SO}_3/^\circ\text{C}$ Temperatur-Diagramm liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohgas im indirekten Gegenstrom zum im geschlossenen Kreislauf (11, 11a-11f) strömenden Kühlfluid gekühlt wird.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, welche in Richtung des Rohgasstroms (1) vor einem dem Rohgas Schwefel entziehenden Gaswäscher (6) einen einerseits vom Rohgas und andererseits von einem Wärme abführenden Kühlfluid beaufschlagbaren Rohgaskühler (3, 3a-3e) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der Wärme übertragenden Flächen im Rohgaskühler (3, 3a-3e) derart in Relation zur Menge und zur Geschwindigkeit des Rohgases bemessen ist, daß das im indirekten Gegenstrom zum im geschlossenen Kreislauf (11, 11a-11f) strömenden Kühlfluid geführte Rohgas in jedem Bereich des Rohgaskühlers (3, 3a-3e) eine auf oder oberhalb der durch die spezifische Taupunkttemperatur definierten Sättigungskurve (76) im $\text{SO}_3/^\circ\text{C}$ Temperatur-Diagramm liegende Temperatur besitzt.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eintritt (78, 47, 69) des Kühlfluids in den Rohgaskühler (3, 3b, 3e) im Bereich des Austritts (15, 70) des Rohgases aus dem Rohgaskühler (3, 3b, 3e) und der Austritt (17, 48, 71) des Kühlfluids aus dem Rohgaskühler (3, 3b, 3e) im Bereich des Eintritts (16, 72) des Rohgases in den Rohgaskühler (3, 3b, 3e) vorgesehen ist.
5. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3e) mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten, das Kühlfluid führenden und von dem Rohgas umströmten Rohrschlangen (68) ausgerüstet ist.
6. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3, 3a-3d) aus mehreren in Strömungsrichtung des Rohgases hintereinander angeordneten Sektionen (A, B;; C, D, E; F, G, H, I; K, L, M; P, Q, R) mit jeweils U-förmigen Rohr- oder Schlauchbündeln (4, 5; 29, 26, 33; 37, 38, 39, 40; 52, 53, 54; 57, 58, 59) zusammengesetzt ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3, 3a-3c) in den Austrittsbereich (22) eines dem Gaswäscher (6) im Rohgasstrom (1) vorgeschalteten Elektrofilters (2) integriert ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die an den Rohgaskühler (3, 3a, 3b, 3d) angeschlossenen Vorlauf- und Rücklaufstänge (21, 18; 24, 34; 44, 50; 45, 51; 60, 67) für das Kühlfluid über ein in den Rücklaufstrang (18, 34, 50, 51, 57) eingegliedertes Mischventil (19) sowie einen Bypass (20) miteinander verbunden sind.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3, 3a-3d) über des im geschlossenen Kreislauf (11, 11a, 11b, 11d-11f) geführte Kühlfluid mit einem in den Reingasstrom (7) nach dem Gaswäscher (6) integrierten Reingaserhitzer (8, 8a) gekoppelt ist.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3) über das im geschlossenen Kreislauf (11) geführte Kühlfluid mit einem unmittelbar in den Gaswäscher (6) oder in dessen Austrittsbereich (23) eingegliederten Reingaserhitzer (8) gekoppelt ist.
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohgaskühler (3b) über das im geschlossenen Kreislauf (11c) geführte Kühlfluid mit einem externen Nutzwärmeabnehmer (41) gekoppelt ist.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rohr- oder Schlauchbündel (4, 5) der Sektionen (A, B) des Rohgaskühlers (3) in Strömungsrichtung des Rohgases in Reihe geschaltet sind.
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das von einem Kühlfluid Wärme aufnehmende Fluid über zwei aufeinander folgende Heizstufen (H, O) geführt ist, wobei die in Strömungsrichtung des Fluids erste Heizstufe (N) mit wenigstens einer Sektion (L) des Rohgaskühlers (3c) über ein im geschlossenen Kreislauf (11c) geführtes Kühlfluid gekoppelt ist, welche von dem bereits abgekühlten Rohgas beaufschlagt ist, während die zweite Heizstufe (O) mit zumindest derjenigen Sektion (K) über ein im geschlossenen Kreislauf (11d) geführtes Kühlfluid gekoppelt ist, die von dem noch ungekühlten Rohgas beaufschlagt ist (Figur 7).
14. Anordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens die in Strömungsrichtung des Rohgases letzte Sektion (M) des Rohgaskühlers (3c) an denjenigen Kühlfluid-Kreislauf (11d) angeschlossen ist, der die in Strömungsrichtung des Rohgases erste Sektion (K) an die zweite Heizstufe (O) koppelt (Figur 7).
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das von einem Kühlfluid Wärme aufnehmende Fluid über einen Wärmeübertrager (8) geführt ist, der mit zwei Sektionen (D, E) des Rohgaskühlers (3a) verbunden ist, die der in Strömungsrichtung des Rohgases ersten Sektion (C) nachgeschaltet sind, wobei der Austritt (30) der ersten Sektion (C) mit dem Eintritt (31) der letzten Sektion (E) verbunden ist (Figur 5).
16. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die in Strömungsrichtung des Rohgases ersten Sektionen (F, G) bei Reihenschaltung über ein im geschlossenen Kreislauf (11b) geführtes Kühlfluid mit einem in den Reingasstrom (7) hinter dem Gaswäscher (6) eingegliederten Reingaserhitzer (8) und die in Strömungsrichtung des Rohgases letzten Sektionen (H, I) bei Reihenschaltung über ein im geschlossenen Kreislauf (11c) geführtes Kühlfluid mit einem externen Nutzwärmeverbraucher (41) gekoppelt sind (Figur 6).
17. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Rohgaskühler (3d) mit in Strömungsrichtung des Rohgases drei aufeinander folgenden Sektionen (P, Q, R) der Vorlaufstrang (60) des Kühlfluid-Kreislaufs (11f) mit dem in Strömungsrichtung des Rohgases vorne liegenden Eintritt (61) der letzten Sektion (R), der hinten liegende Austritt (62) der letzten Sektion (R) an den vorne liegenden Eintritt (63) der ersten Sektion (P), der hinten liegende Austritt (64) der ersten Sektion (P) mit dem hinten liegenden Eintritt (65) der mittleren Sektion (Q) und der vorne liegende Austritt (66) der mittleren Sektion (Q) mit dem Rücklaufstrang (67) des Kreislaufs (11f) verbunden sind (Figur 8).

Hiezu 11 Blatt Zeichnungen

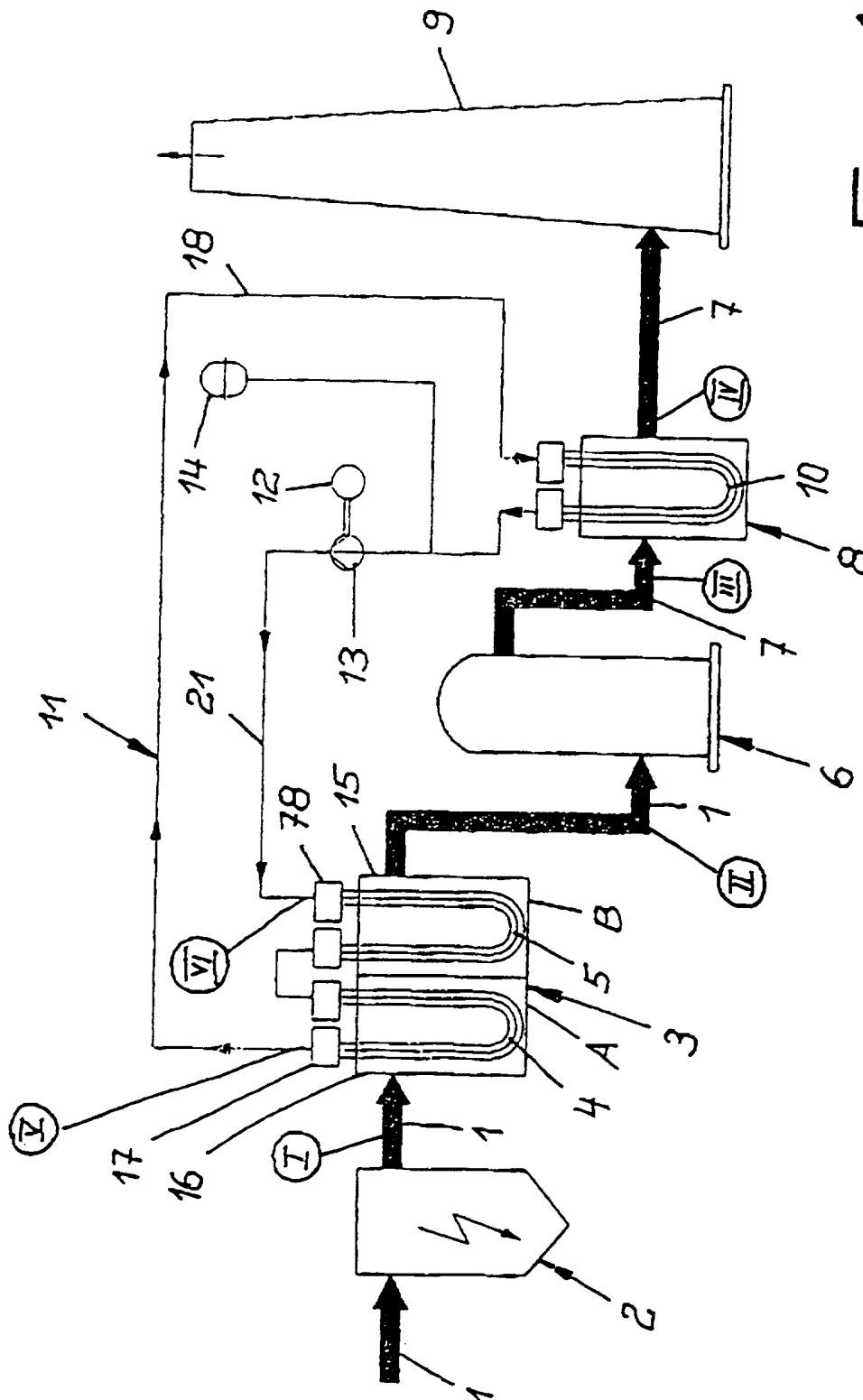


Fig. 1

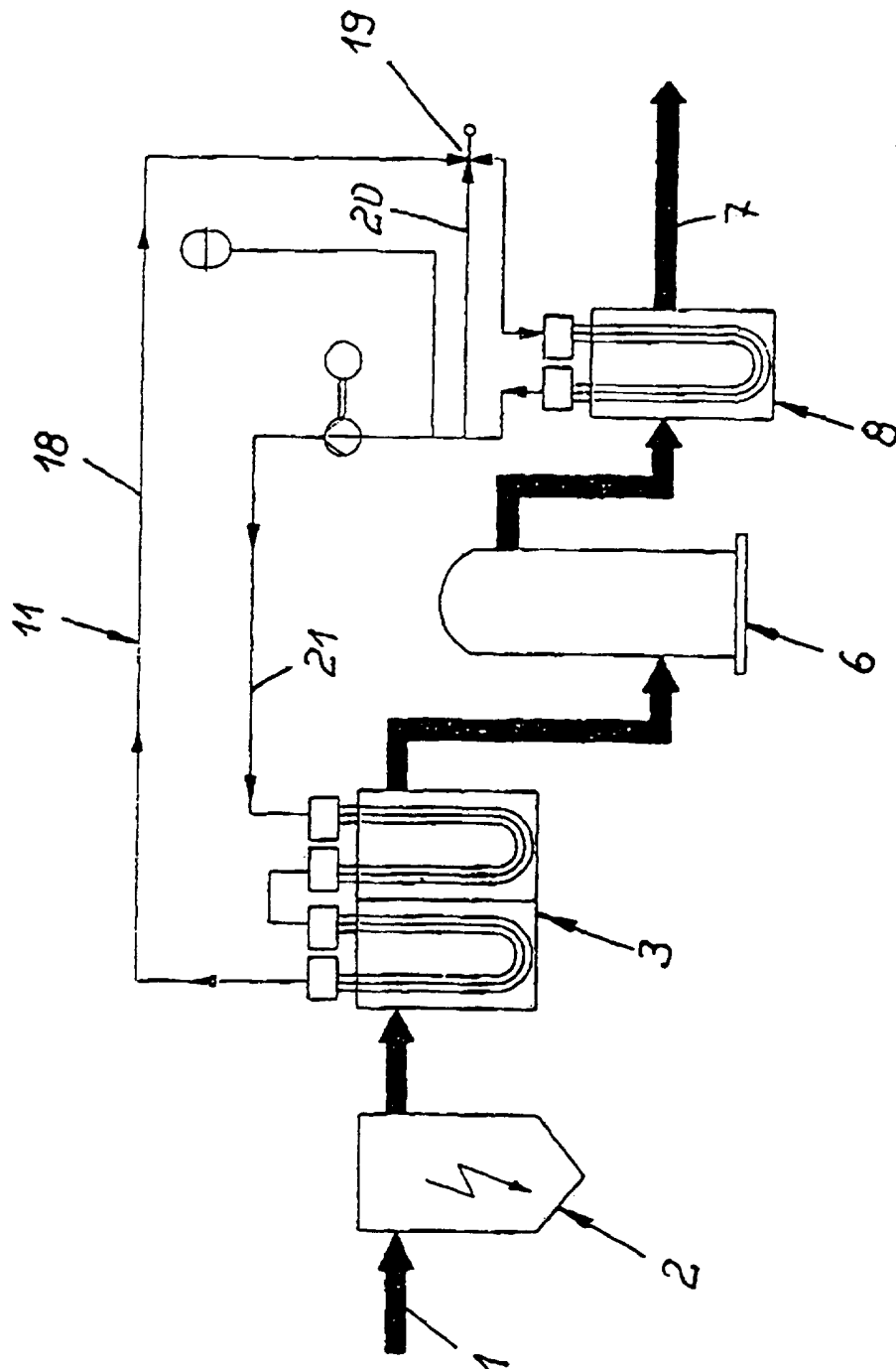


Fig. 2

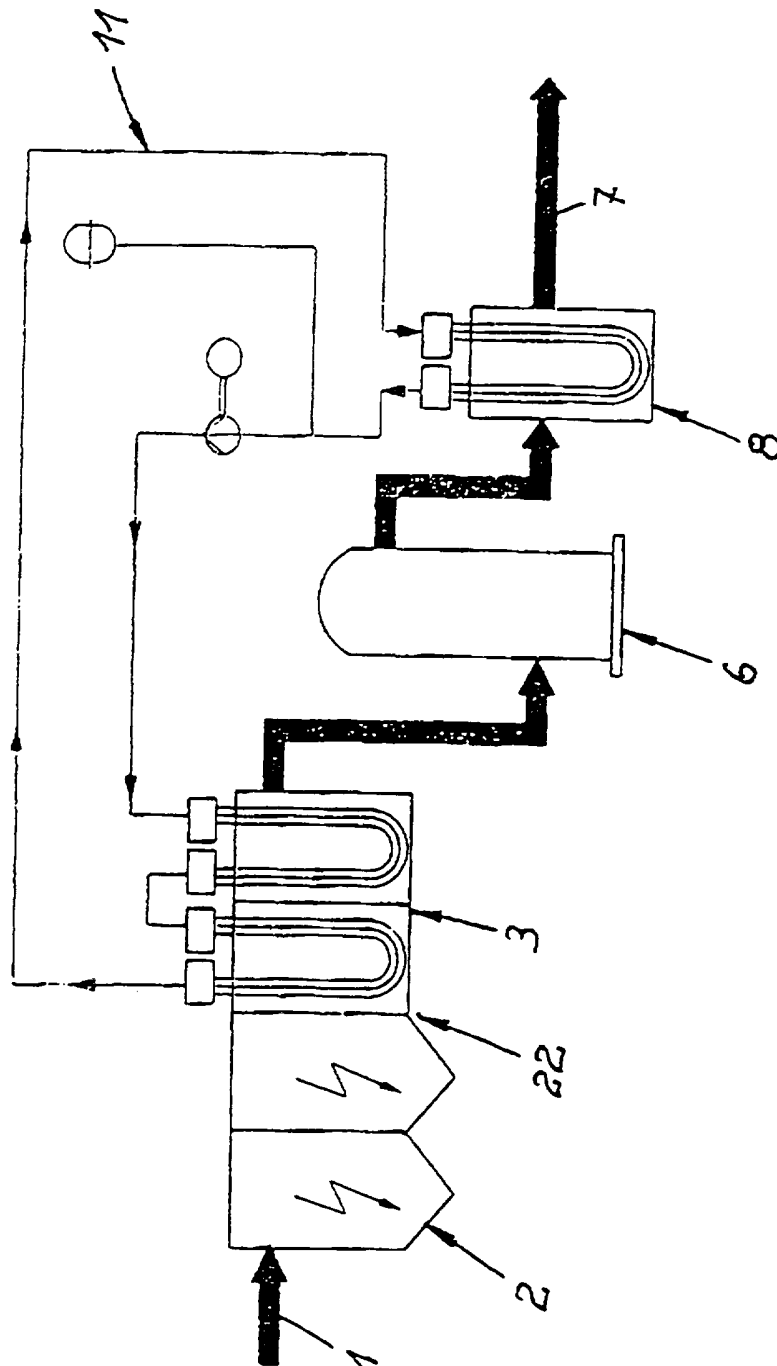


Fig. 3

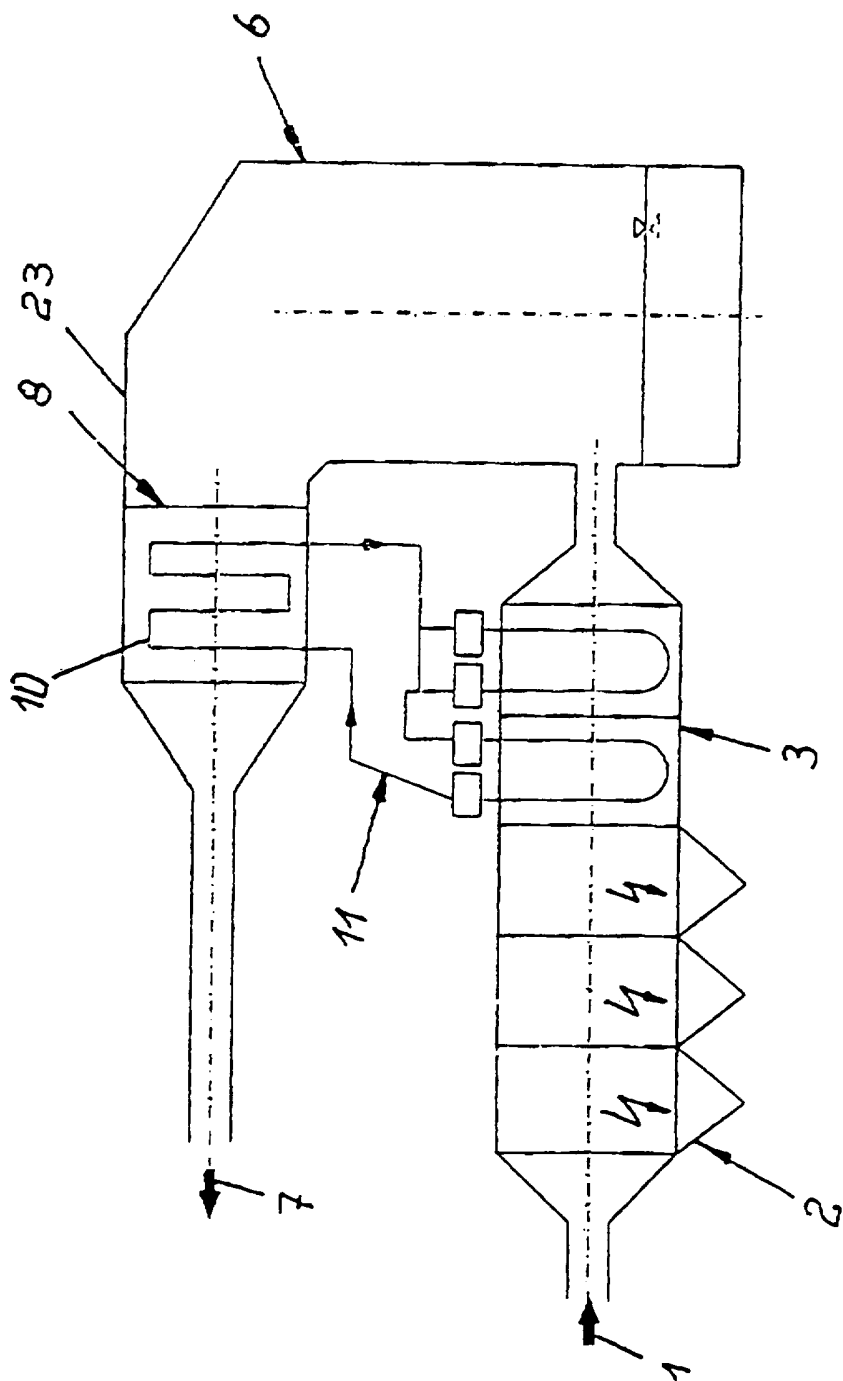


Fig. 4

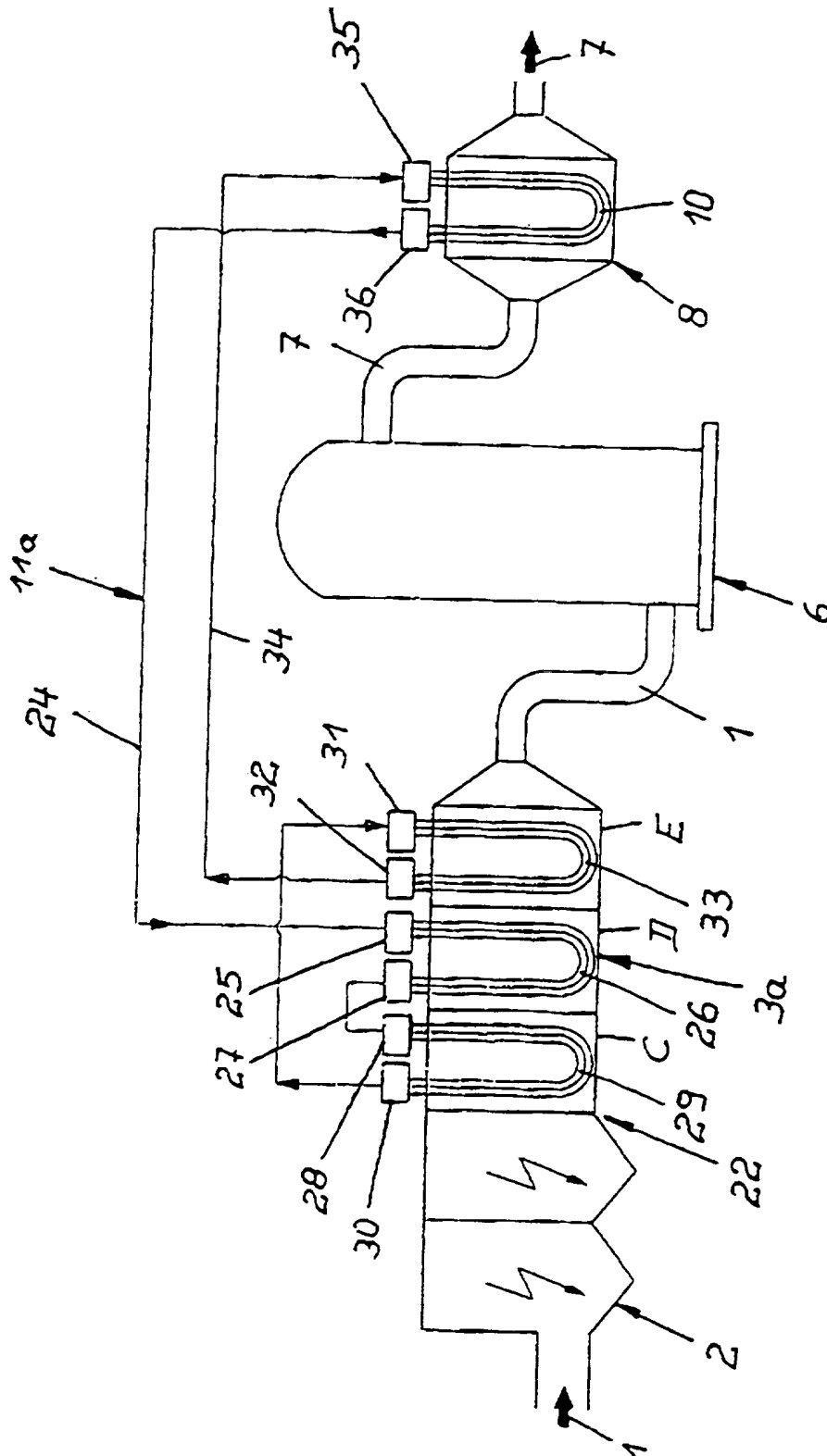
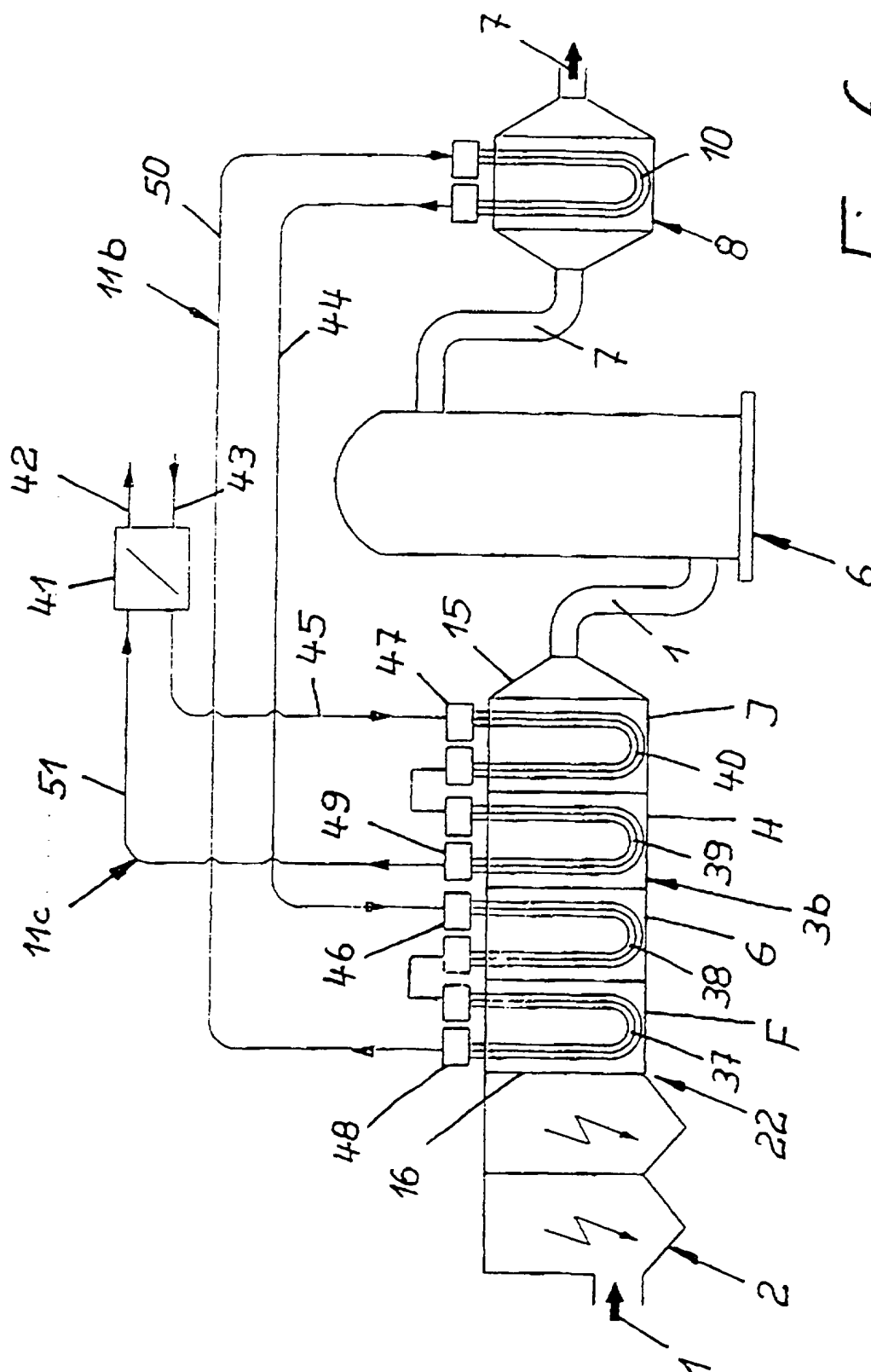
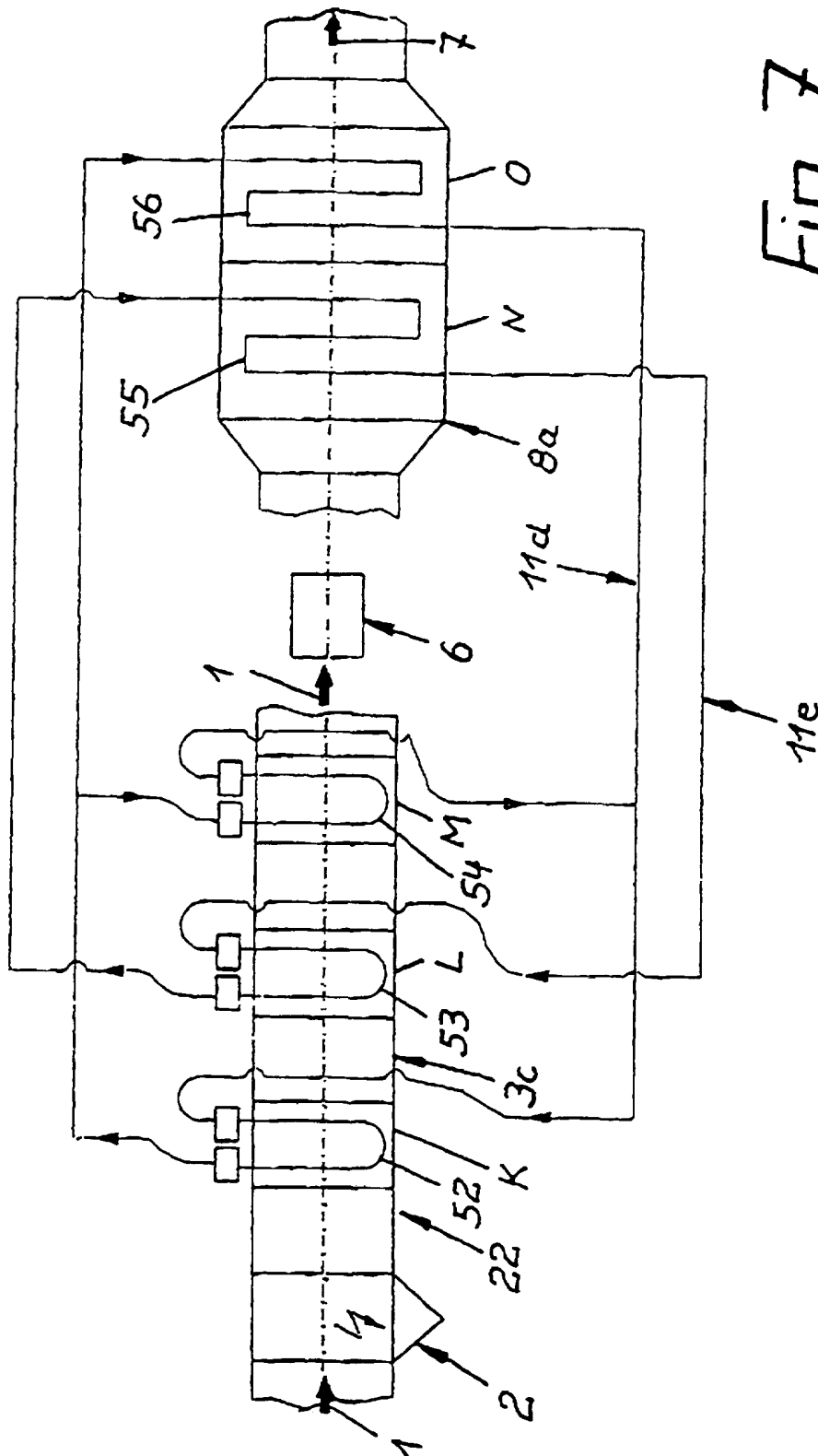


Fig. 5





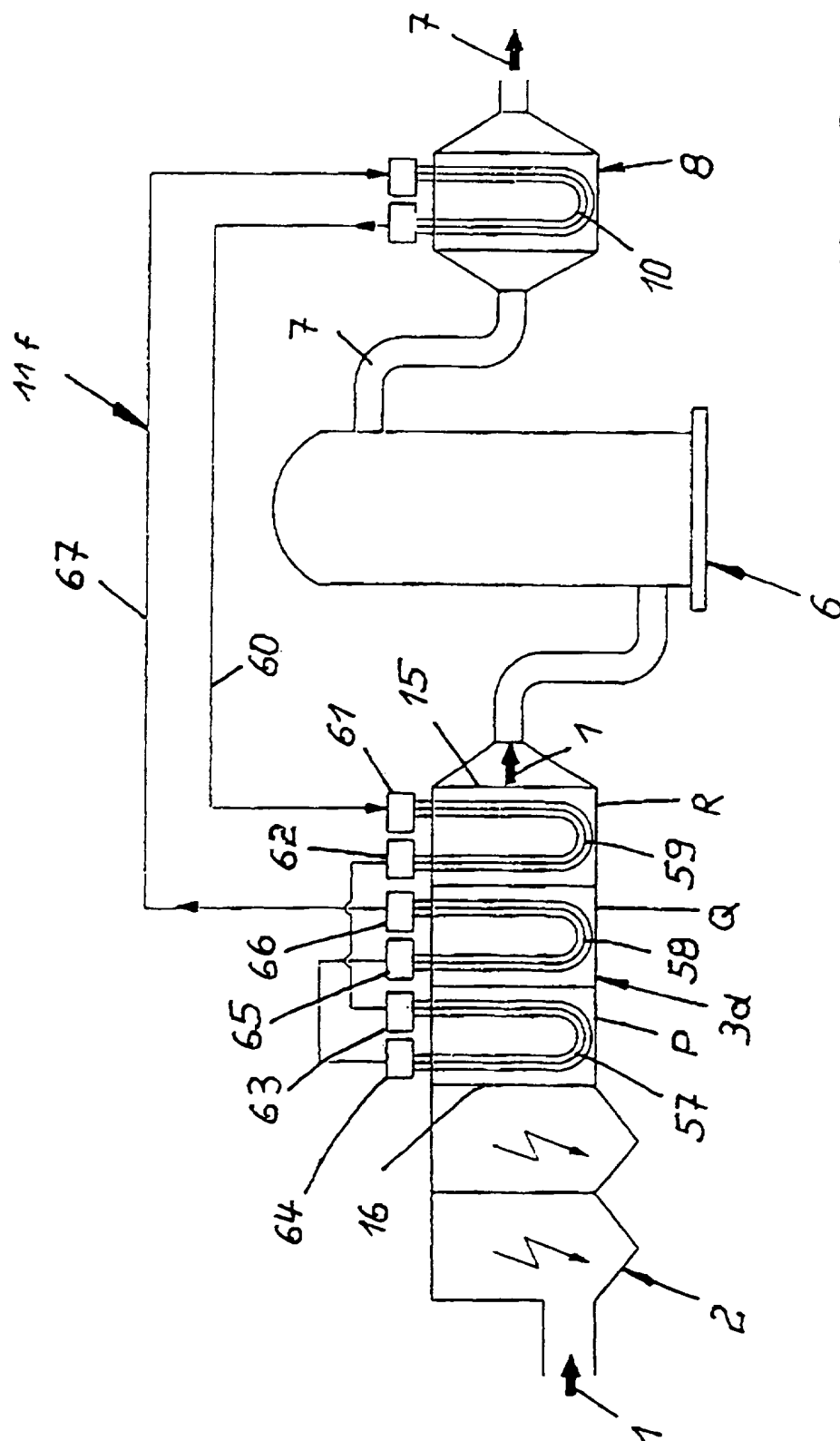
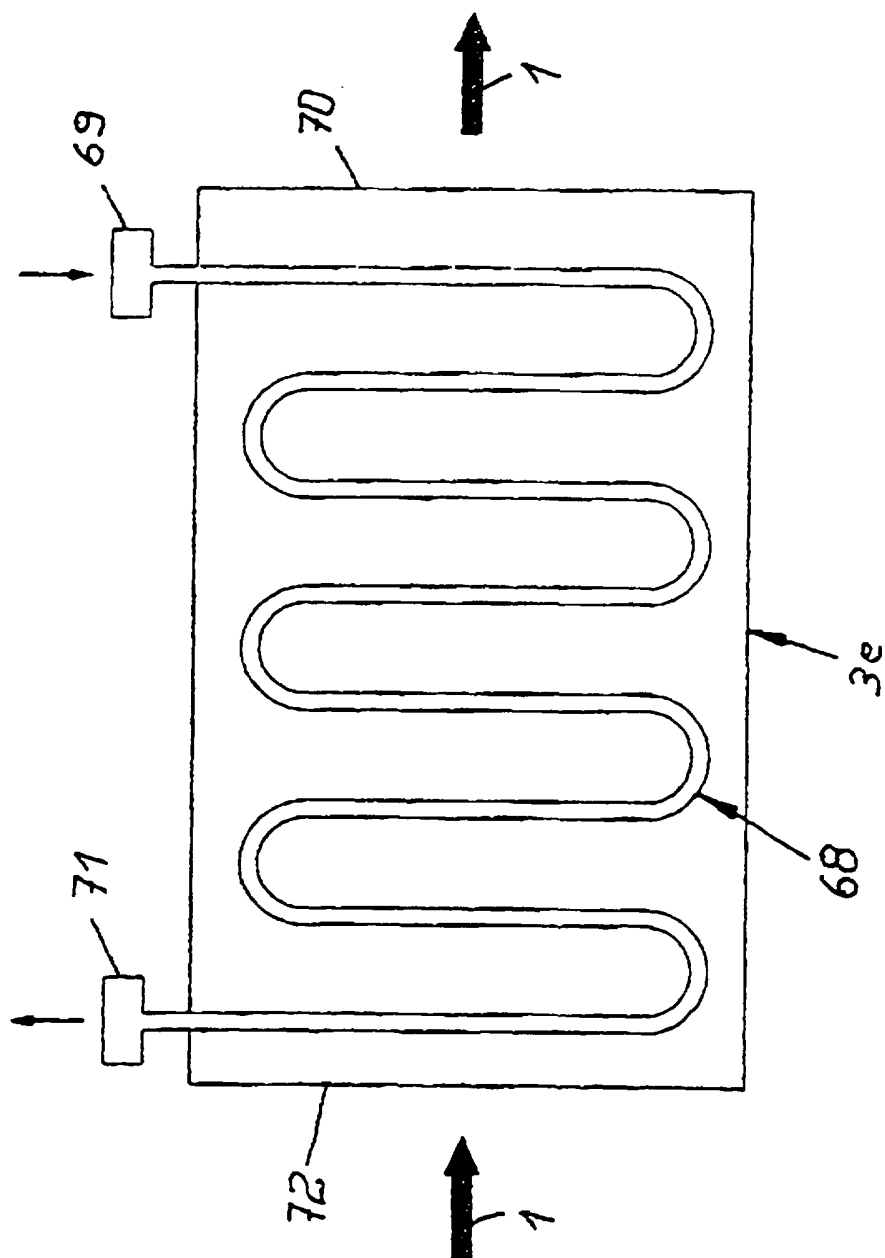


Fig. 8



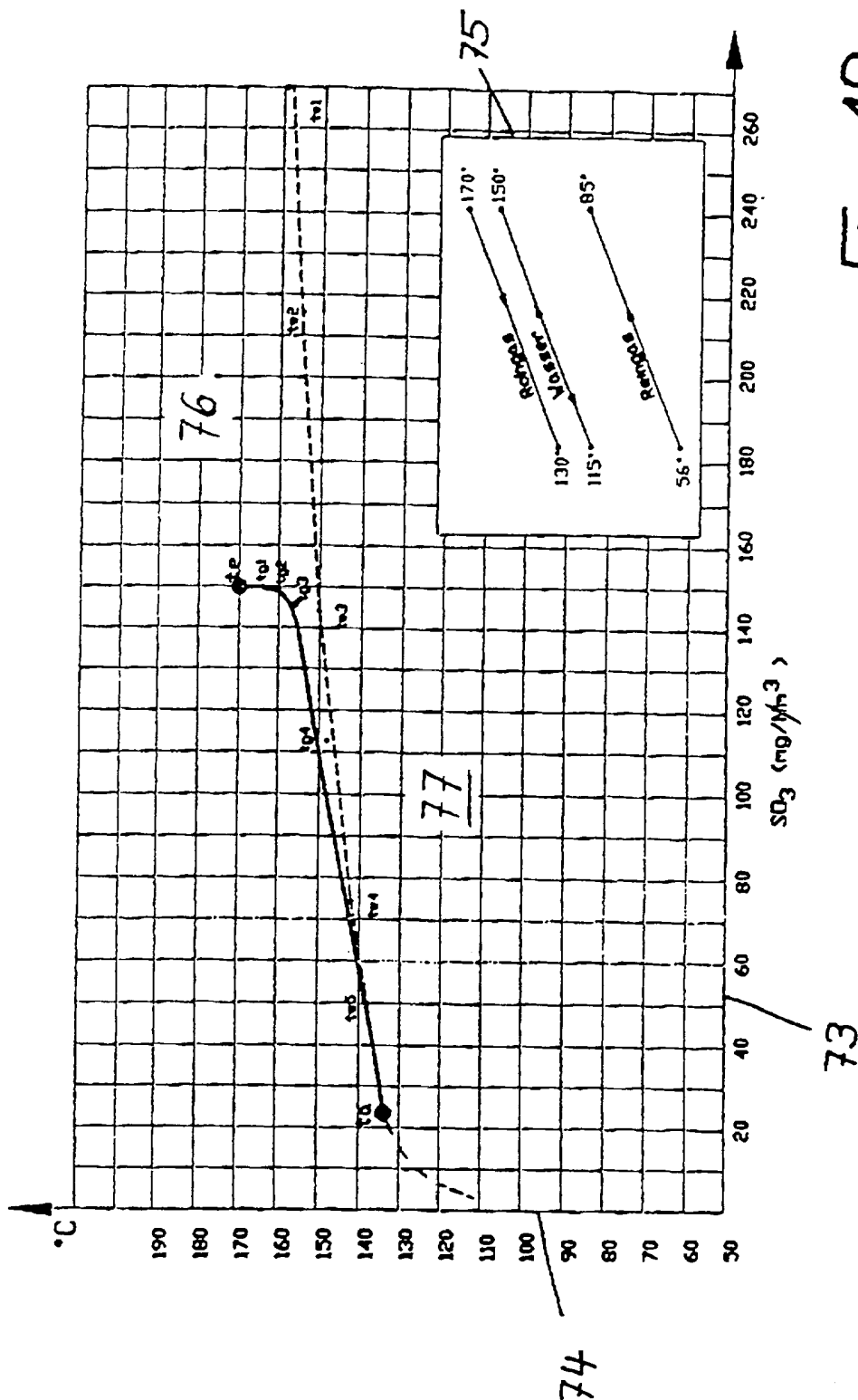


Fig. 10

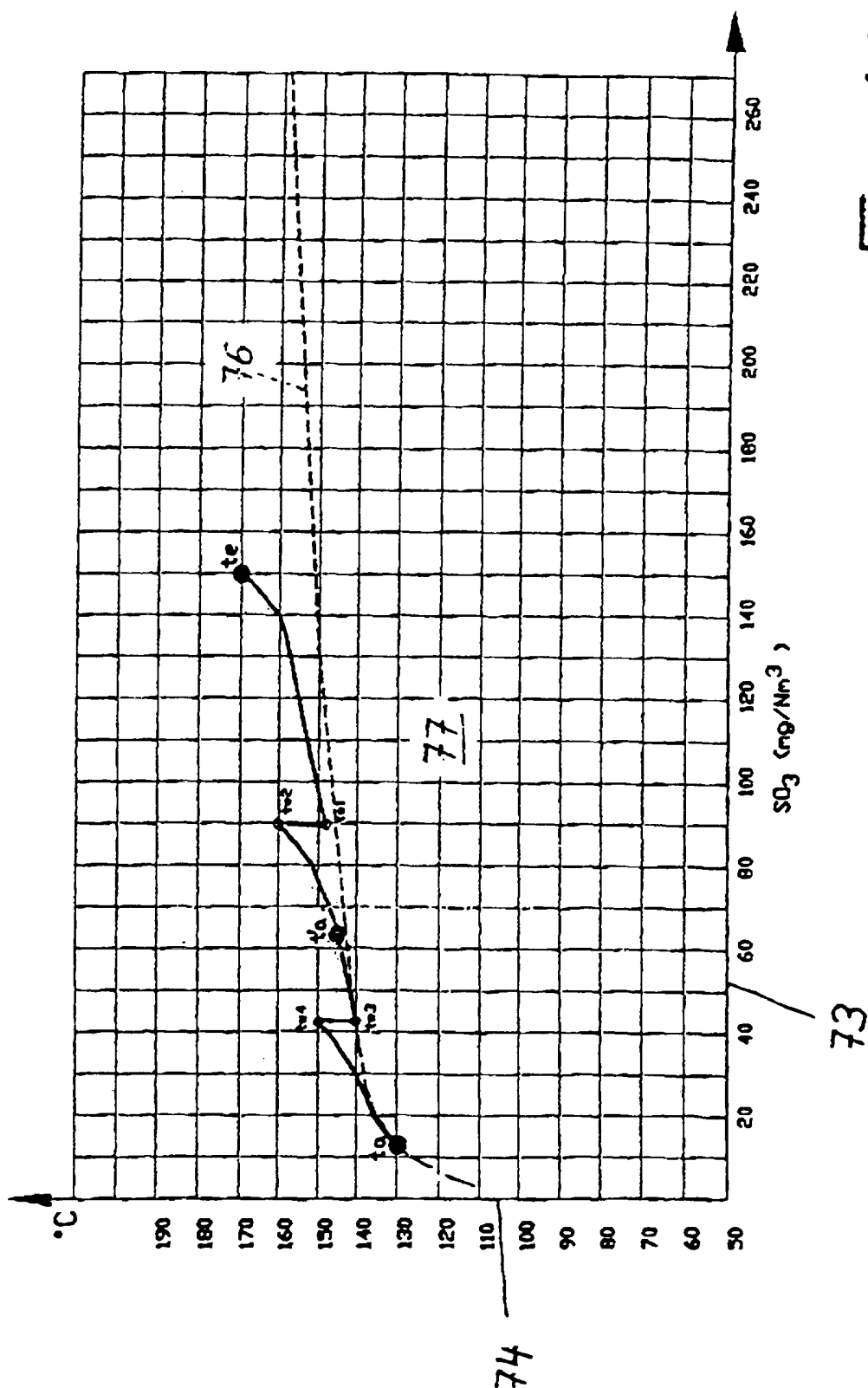


Fig. 11